

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Problemy degradacji
i ochrony środowiska przyrodniczego Polski



Informacja dla Autorów

KOSMOS jest kwartalnikiem adresowanym do szerokiego grona biologów. Publikuje oryginalne artykuły referatowe i przeglądowe informujące o postępach wiedzy w różnych dziedzinach nauk biologicznych. Prowadzi dział dyskusji i krytyki naukowej oraz dział recenzji. Podaje informacje o działalności instytutów i zakładów naukowych oraz omówienia przebiegu ważniejszych zjazdów, sympozjów i konferencji. Zamieszcza krótkie notatki o najnowszych odkryciach i syntetyczne omówienia rozwoju badań w wybranych dziedzinach nauki, opracowane przez specjalistów dla szerszego grona odbiorców.

Autorzy są odpowiedzialni za merytoryczną treść artykułów, poprawność użytej nomenklatury naukowej oraz za ścisłość podawanych informacji. Proszeni są o nadsyłanie tekstów opracowanych starannie pod względem językowym i stylistycznym oraz zgodnie z podanymi niżej wskazówkami technicznymi.

Artykuły i inne materiały nadsyłane do KOSMOSU są recenzowane i redagowane stosownie do wskazówek recenzentów w porozumieniu z Autorami. Redakcja zastrzega sobie prawo skracania tekstów i wprowadzania poprawek nie wpływających na treść pracy. Autorów obowiązuje korekta autorska; ponoszą oni koszty zmian tekstu w korekcie, wykraczających poza usunięcie błędów drukarskich.

Zamieszczone w KOSMOSIE prace honoruje się według obowiązujących stawek autorskich. Autorzy artykułów otrzymują bezpłatnie 25 odbitek; zamówienia na płatne, dodatkowe odbitki należy zgłaszać pisemnie łącznie ze zwrotem korekty autorskiej.

Przygotowanie prac do druku

1. Prace należy nadsyłać w 2 egzemplarzach, zarówno tekst jak i załączniki.

2. Maszynopis powinien być sporządzony na białym papierze formatu A4, na maszynie i czcionką normalnej wielkości, przez czarną taśmę, jednostronnie z podwójnym odstępem między wierszami i ok. 4 cm marginesem po lewej stronie, nie więcej niż 60 znaków w jednym wierszu i nie więcej niż 30 wierszy na jednej stronie. Strony należy numerować.

3. Na oddzielnej, nie numerowanej stronie tytułowej należy podać: tytuł pracy, imię (w pełnym brzmieniu) oraz nazwisko autora, adres zakładu pracy i adres zamieszkania, nr telefonu w miejscu pracy (lub w domu) oraz wskazówki dotyczące przesyłania korespondencji i sposobu przekazania honorarium (także nr konta). Przy artykułach (dział I Kosmosu) i pracach przeznaczonych do działu „Dyskusja i krytyka” należy podać tłumaczenie tytułu na język angielski i rosyjski.

4. Teksty powinny być pisane bez używania wyróżnień jak podkreślanie, spacjeowanie lub pisanie dużymi literami (wersalikami). Wszelkie wskazówki dla redakcji dotyczące wyróżnień w tekście należy zaznaczać zwykłym ołówkiem, zaś dotyczące składu (np. odnośnie włamania rysunku lub tabeli) — ołówkiem na marginesie maszynopisu.

5. Załączone do maszynopisu tabele, rysunki, schematy, mapy, wzory itp. powinny być oznaczone na marginesie lub na odwrotnej stronie przez podanie nazwiska autora i początkowych wyrazów tytułu pracy, a także nr jednej jednostki ilustracyjnej.

6. Tabele winny być napisane w układzie zbliżonym do układu zecerskiego, a tekst nie powinien przekraczać linii ograniczających poszczególne kolumny. Treść tabel należy pisać z podwójnym odstępem między wierszami, jak tekst podstawowy. Należy unikać dzielących linii pionowych i poziomych (z wyjątkiem główek). Liczby wielocyfrowe należy pisać dzieląc je od końca na grupy po 3 cyfry (np. 50 000).

7. Rysunki, schematy, mapy, fotografie i inne materiały ilustracyjne muszą nadawać się do reprodukcji lub przerysowania. Oryginały rysunków winny być wykonane tuszem na kalce technicznej lub na białym papierze. Rysunki robocze winny być sporządzone czytelnie,

K O S M O S

Rok założenia 1876



Warszawa 1986

Państwowe Wydawnictwo Naukowe

RADA REDAKCYJNA

prof. dr Leszek Kuźnicki (wiceprzewodniczący), *prof. dr Włodzimierz Michajłow*, *prof. dr Włodzimierz Ostrowski*, *prof. dr Henryk Szarski*, *prof. dr Przemysław Trojan*, *prof. dr Adam Urbanek* (przewodniczący), *prof. dr Kazimierz Zieliński*
sekretarz: *mgr Jadwiga Kobuszewska*

KOMITET REDAKCYJNY

doc. dr Władysław Goliński, *prof. dr Krystyna Kisielewska*, *prof. dr Adam Łomnicki*,
prof. dr Włodzimierz Michajłow (redaktor naczelny), *prof. dr Halszka Osmólska*,
prof. dr Aleksandra Przełęcka, *prof. dr Andrzej Wierciński*, *prof. dr Kazimierz Lech Wierchowski*
(zastępca redaktora naczelnego), *prof. dr Jerzy Zuk*
sekretarz: *mgr Jadwiga Kobuszewska*

Redaktor tomu: *prof. dr inż. Stefan Kozłowski*

Adres redakcji: 00-901 Warszawa, Pałac Kultury i Nauki, XIX p.
Polskie Towarzystwo Przyrodników im. M. Kopernika
(tel 20-02-11, wewn. 25-44)

Wydano z pomocą finansową
Polskiej Akademii Nauk

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — WARSZAWA, MIODOWA 10

Nakład 1042+48. Ark. wyd. 13,75. Ark. druk. 10,5+Roczny Spis treści. Papier druk. mat. III 71 g. B-1.

Oddano do składania 21.X.1985 r. Podpisano do druku 4.IV.1986 r.
Druk ukończono w kwietniu 1986 r.

Zam. 588/85

P-28

Cena zł 140,—

WARSZAWSKA Drukarnia Naukowa, Warszawa, ul. Śniadeckich 8

OD REDAKCJI

Niniejszy zeszyt Kosmosu poświęcony jest zagadnieniom zagrożenia środowiska naturalnego w naszym kraju oraz poszukiwania dróg poprawy tej sytuacji.

Impuls do wydania specjalnego zeszytu poświęconego temu tematowi dała Sesja Ogólna Wydziału VII — Nauk o Ziemi i Nauk Górniczych PAN, która odbyła się 13 czerwca 1984 roku w Warszawie. Wygłoszone na tej sesji referaty stanowią trzon treści tego zeszytu uzupełnionej pracami innych autorów. Poruszono następujące zagadnienia: skażenie i zatrucie atmosfery oraz ich skutki; zanieczyszczenie wód powierzchniowych, wód podziemnych i morskich; skażenie gleb i powierzchni ziemi; problemy ochrony środowiska w planowaniu przestrzennym. Całość zamyka stanowisko Wydziału VII PAN przyjęte na wspomnianej Sesji Ogólnej, zawierające postulaty skierowane do nauki, gospodarki narodowej i całego społeczeństwa.

STEFAN KOZŁOWSKI

Komitet Inżynierii Środowiska PAN
Warszawa

KIERUNKI ZMIAN W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM

WSTĘP

Zmiany jakie zachodzą w środowisku przyrodniczym w ciągu ostatnich kilkunastu lat są głównym zagadnieniem współczesnej ludzkości. Powszechne zainteresowanie tym tematem datuje się od 1969 roku, kiedy został ogłoszony słynny raport Sekretarza Generalnego ONZ, U-Thanta. Wielkie znaczenie miała następnie działalność Klubu Rzymskiego. Ogłoszony w 1970 roku raport Klubu przedstawił katastroficzną wizję świata w niedalekiej przyszłości. Przewiduje on, że około 2020 roku nastąpi załamanie się gospodarki świata na skutek wyczerpania się wielu zasobów naturalnych (w tym także żywności) i gwałtownego wzrostu zanieczyszczeń przy stale, szybko wzrastającej liczbie ludności. Katastroficzny obraz modelu przyszłego świata przedstawiony w popularnej książce „Granica wzrostu” [12] był przedmiotem szerokiej dyskusji i krytyki.

Kolejne, po Raporcie, opracowania Klubu Rzymskiego (1971, 1972) wniosły szereg modyfikacji do pierwotnej wersji, nie podważając jednak istoty problemu. W ten sposób opracowane zostały „modele świata” — I, II, III, kończące się przedstawieniem optymistycznego obrazu nowego społeczeństwa, które żyje w dynamicznej równowadze.

W latach późniejszych zaczęły się pojawiać następne opracowania, jak: World Integrated Model (WIM) — 1974; Model świata opracowany przez ONZ — 1977; Model of International Relations in Agriculture (MOIRA) — 1976-1978 oraz „Model świata” rządu USA (w skrócie „Global 2000”) — 1980.

O ile uwaga Klubu Rzymskiego skupiona była głównie na pytaniu: „Co się stanie jeżeli aktualne struktury gospodarcze będą działały przez następny okres, co najmniej, dwudziestoletni?”, o tyle późniejsze opracowania, jak np. Model Łacińsko-Amerykański, dotyczyły głównie pytania: „Jak wykorzystać zasoby świata, aby optymalnie poprawić los wszystkich ludzi?”, starając się przy tym przedstawić rozwiązania możliwe do przyjęcia dla krajów rozwijających się.

Najnowsze opracowanie rządu USA — „Global 2000” stanowi bardzo obszerne studium informacji i wniosków na temat oblicza świata w 2000 roku. Opracowanie to zakłada, że w 2000 roku ogólna liczba ludności świata

wyniesie 6,5 mld, w krajach najuboższych, na które przypadnie 90% przyrostu naturalnego, żyć będzie wtedy 5 mld ludzi. Pojemność globu oceniona została na 30 mld ludzi i liczba ta może być osiągnięta już w 2100 roku. W tej sytuacji, w 2000 roku wystąpią wyraźne trudności żywnościowe wynikające szczególnie z faktu, że w wielu krajach rozwijających się nie nastąpi wzrost produkcji rolnej, może on wystąpić natomiast w krajach rozwiniętych, np. w Japonii i krajach RWPG (40-50%) oraz w USA (28%). Ograniczenie możliwości rozwoju rolnictwa w krajach rozwijających się ma być spowodowane głównie ograniczeniami energetycznymi.

W programie „Global 2000” zwraca się uwagę na bardzo groźne kierunki zmian klimatu ziemi. Dotyczy to głównie możliwości znacznego wzrostu zawartości dwutlenku węgla w atmosferze na skutek rozwoju przemysłu oraz wycinania lasów tropikalnych — może to spowodować znaczne ocieplenie się klimatu naszej planety. Kolejnym zagrożeniem jest niszczenie osłony ozonowej zabezpieczającej życie na Ziemi przed promieniowaniem kosmicznym. Na tym tle szczególnie groźnie przedstawiają się perspektywy gospodarki w Europie, gdzie występuje wyjątkowo duża koncentracja przemysłu.

Chociaż minęło prawie 15 lat od opublikowania I Raportu Rzymskiego, w Polsce ciągle aktualne jest pytanie: czy mamy kontynuować przyjęty po drugiej wojnie światowej model industrializacji i urbanizacji? Nie udało się nam dotychczas uruchomić skutecznych działań w kierunku uzyskania dynamicznej równowagi w gospodarce zasobami przyrody, mimo że wiele krajów (np. Anglia) uzyskało już bardzo dobre wyniki w tej dziedzinie.

Istnieje więc potrzeba opracowania krajowego, ekologicznego programu „Polska 2040”, bo w takiej perspektywie czasu winno się rozważać problematykę przyrodniczą. Tymczasem w niniejszym szkicu postaramy się przedstawić dwa — naszym zdaniem — ważne problemy dla naszej gospodarki, a mianowicie prognozowanie zmian zanieczyszczenia powietrza i wody. Inne problemy, takie jak zmiany w gospodarce surowcami mineralnymi, zmiany szaty roślinnej, zmiany w rolnictwie i szereg innych, winny być tematem dalszych opracowań.

Myślą przewodnią tego opracowania jest intencja, aby w jak najkrótszym czasie była możliwa realizacja koncepcji “społeczeństwa poszanowania zasobów” (Idea of Conserver Society), która coraz bardziej jest rozpowszechniana w różnych krajach, np. w Kanadzie przez Zespół Gamma [16]. Analiza przewidywanych zmian w naszym środowisku przyrodniczym wskazuje, że realizacja koncepcji “społeczeństwa poszanowania zasobów” jest właściwszą drogą do uniknięcia zbliżających się katastrof ekologicznych.

Założenia idei Conserver Society zostały obszernie przedstawione w Programie Światowej Strategii Ochrony (World Conservation Strategy)¹ przyjętym w 1978 roku przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody i Jej Zasobów (IUNC), a omówionym w artykule Szczęsnego [19]. W 1984 roku opracowane zostały “Wstępne założenia krajowej strategii ochrony żywych

¹ Wydanie polskie „Światowej strategii ochrony” wydane zostało w 1985 r. przez LOP

zasobów przyrody” przyjęte na sesji Państwowej Rady Ochrony Przyrody 6 grudnia 1984 roku. W niedalekiej przyszłości winny być również opracowane ogólne założenia krajowej strategii ochrony (łącznie z elementami abiotycznymi).

Ważnym dokumentem jest “Światowa karta przyrody” przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych 28 października 1982 roku, której ogólne zasady brzmią:

1. Przyroda powinna być szanowana i jej istotne procesy nie powinny być zmieniane na gorsze.
2. Zdolność genetyczna życia na Ziemi nie będzie zagrożona, populacja każdego gatunku dzikiego lub udomowionego będzie utrzymana co najmniej na poziomie wystarczającym dla przeżycia, środowiska potrzebne do tego celu będą chronione.
3. Te zasady ochrony będą zastosowane do każdej części powierzchni globu, lądu lub morza; specjalna ochrona będzie przyznana częściom, które są unikalne, wzorcom reprezentatywnym całych zróżnicowanych typów ekosystemów oraz siedliskom gatunków rzadkich lub zagrożonych.
4. Ekosystemy i organizmy, tak samo jak zasoby lądowe, morskie i atmosferyczne jakie użytkuje człowiek będą zachowane w taki sposób, aby zapewnić i utrzymać ich optymalną i ciągłą produktywność, jednakże bez narażenia innych ekosystemów lub gatunków, z którymi one współistnieją.
5. Przyroda powinna być zabezpieczona przed pustoszeniem powodowanym przez wojnę lub inne wrogie działania.

ZMIANY JAKOŚCIOWE POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO

Zmiany jakości powietrza atmosferycznego występują w Polsce wraz z rozwojem przemysłu. Powstanie w drugiej połowie XIX wieku dużego ośrodka przemysłowego na Górnym Śląsku spowodowało rozpoczęcie procesu regionalnego skażenia atmosfery. Do czasów drugiej wojny światowej problem ten nie miał większego znaczenia dla gospodarki przestrzennej. Znały były bardzo złe warunki pracy w zanieczyszczonym powietrzu, ale dotyczyły one głównie zamkniętych pomieszczeń w niektórych fabrykach. Rozpoczęty po drugiej wojnie światowej proces szybkiej industrializacji kraju zaczął stopniowo stwarzać coraz większe zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego, chociaż jeszcze przez wiele lat czarne dymy wydobywające się z kominów fabrycznych były symbolem postępu i rozwoju naszego kraju. W Polsce rozwijano głównie przemysł oparty na przetwórstwie surowców mineralnych: huty, koksownie, elektrownie, rafinerie. Wiele zakładów wybudowanych w ostatnim czterdziestolecu osiągnęło skalę światową pod względem wielkości produkcji (Huta im. Lenina, Zakłady Petrochemiczne w Płocku). W czasie budowy tych zakładów z reguły nie wykonywano pełnego programu ochrony czystości powietrza. Doprowadziło to do wyjątkowo dużej emisji pyłu i gazów (tab. 1). Analizując podane w tabeli liczby trzeba dodać, że nie oddają

Tabela 1

Emisja zanieczyszczeń pyłowych (w tys. ton) pochodzących z zakładów uciążliwych dla środowiska (wg GUS, 1982)

Rok	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Emisja ogółem	2 225,6	2 335,4	2 314,6	2 440,0	2 382,5	2 337,7	1 901,4	1 859,9
Popiół lotny	1 342,7	1 445,0	1 468,0	1 606,6	1 583,4	1 592,6	1 370,4	1 367,8
Pyły z cementowni	478,6	487,2	447,7	432,1	394,1	361,6	226,1	208,6
Pyły metalurgiczne	172,6	178,1	192,2	195,7	199,5	180,6	137,9	136,4
Pyły zawracane w urządzeniach do redukcji	18 021,0	21 192,4	22 900,1	25 207,9	25 759,7	25 769,9	22 754,1	23 700,0

one faktycznego obrazu sytuacji. Informacje GUS pochodzą bowiem ze sprawozdawczości tylko wielkich zakładów przemysłowych. Zakłady te są zainteresowane w zaniżaniu danych, które często świadczą o przekraczaniu dopuszczalnych norm. Ujęcia statystyczne, jakimi dysponujemy, podane w tabeli 1 dotyczą tylko tzw. emisji zorganizowanej, czyli wydobywającej się przez kominy. Nie jest natomiast ujęta ewidencją emisja niezorganizowana, powstająca np. przy wydobywaniu się pyłów i gazów wprost z pieców, komór koksujących, urządzeń kruszących, w czasie transportu itp. W wielu przypadkach wielkość emisji niezorganizowanej może być na poziomie emisji zorganizowanej. Z tych też względów dane GUS dotyczące stopnia zanieczyszczenia powietrza są w dużym stopniu zaniżone.

EMISJE PYŁOWE

Największy udział w emisjach pyłowych mają popioły lotne — ponad 70%, następnie pyły metalurgiczne — 11% oraz pyły z cementowni — 9,4%.

Do 1978 roku następowało stopniowe powiększanie się emisji pyłów (rys. 1). Począwszy od 1978 roku zaznacza się niewielkie zmniejszenie zapylenia. Pomijając dwa nietypowe lata (1981, 1982) obserwujemy pewne pozytywne tendencje w tym zakresie. Wyrażna poprawa nastąpiła np. w przemyśle cementowym, mimo utrzymania wielkości produkcji. Poprawa ta nastąpiła w wyniku zamknięcia kilku starych cementowni (np. w Opolu), które były wyjątkowo uciążliwe dla otoczenia. Obecnie polski przemysł cementowy wytwarza co najmniej trzy razy więcej pyłów niż to ma miejsce w wielu innych krajach, postęp w ograniczaniu emisji pyłów jest więc stosunkowo nieznaczny wobec ogólnej wielkości tej emisji.

Wielkość emisji przemysłowych, zanieczyszczających powietrze stanowi w skali całego kraju 6 t na rok. Istnieje jednak wiele regionów, gdzie przekracza się dopuszczalną normę 250 t na rok, a dla obszarów szczególnie chronionych — 40 t na rok.

Określone też zostały normy dopuszczalnego zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym, a mianowicie:

— średnio rocznie	— 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
— średnio na dobę	— 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
— chwilowo (do 30 min.)	— 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

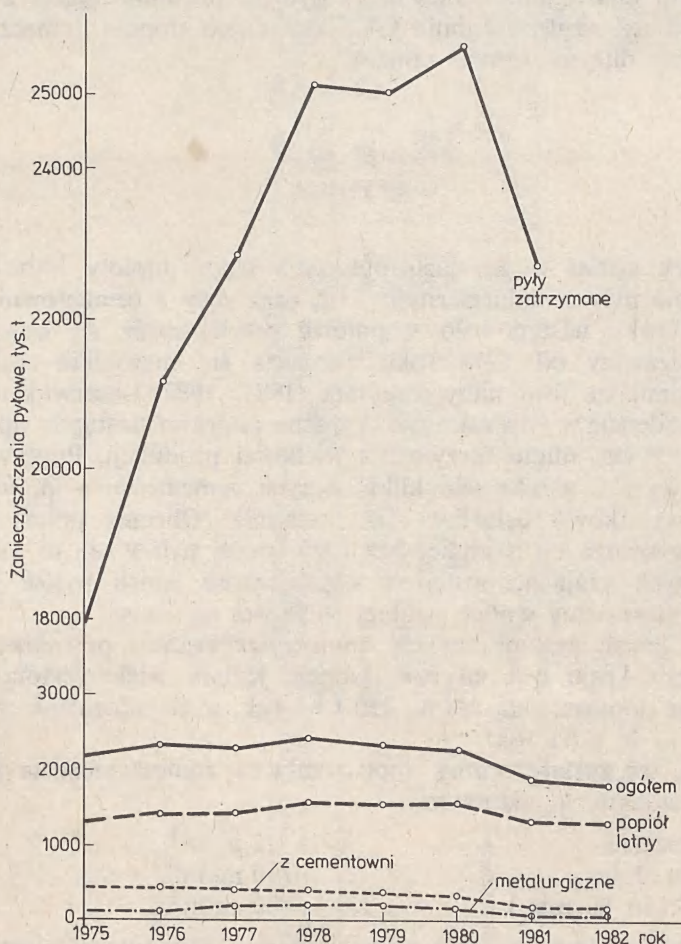
Przekroczenie dopuszczalnych norm występuje wyraźnie w miastach przemysłowych, a szczególnie w miastach obszaru górnośląskiego [7]. Potwierdzają to dane dotyczące średniorocznego pyłu zawieszonego (w $\mu\text{g}/\text{m}^3$):

Zabrze-Biskupice	— 895,	Gliwice	— 195-609,
Bytom-Babrak	— 789,	Olkusz	— 180-226,
Gliwice-Ligota	— 609,	Rybnik	— 192-332,
Katowice	— 240-284,	Siewierz	— 204-237,

Będzin	— 232-389,	Trzebinia	— 190-436,
Bytom	— 220-789,	Wolbrom	— 183-197.
Chorzów	— 269-602.		

Ocenia się, że dla uzyskania dopuszczalnych stężeń pyłu zawieszonego na terenie woj. katowickiego konieczne jest zmniejszenie jego emisji o 68-94%.

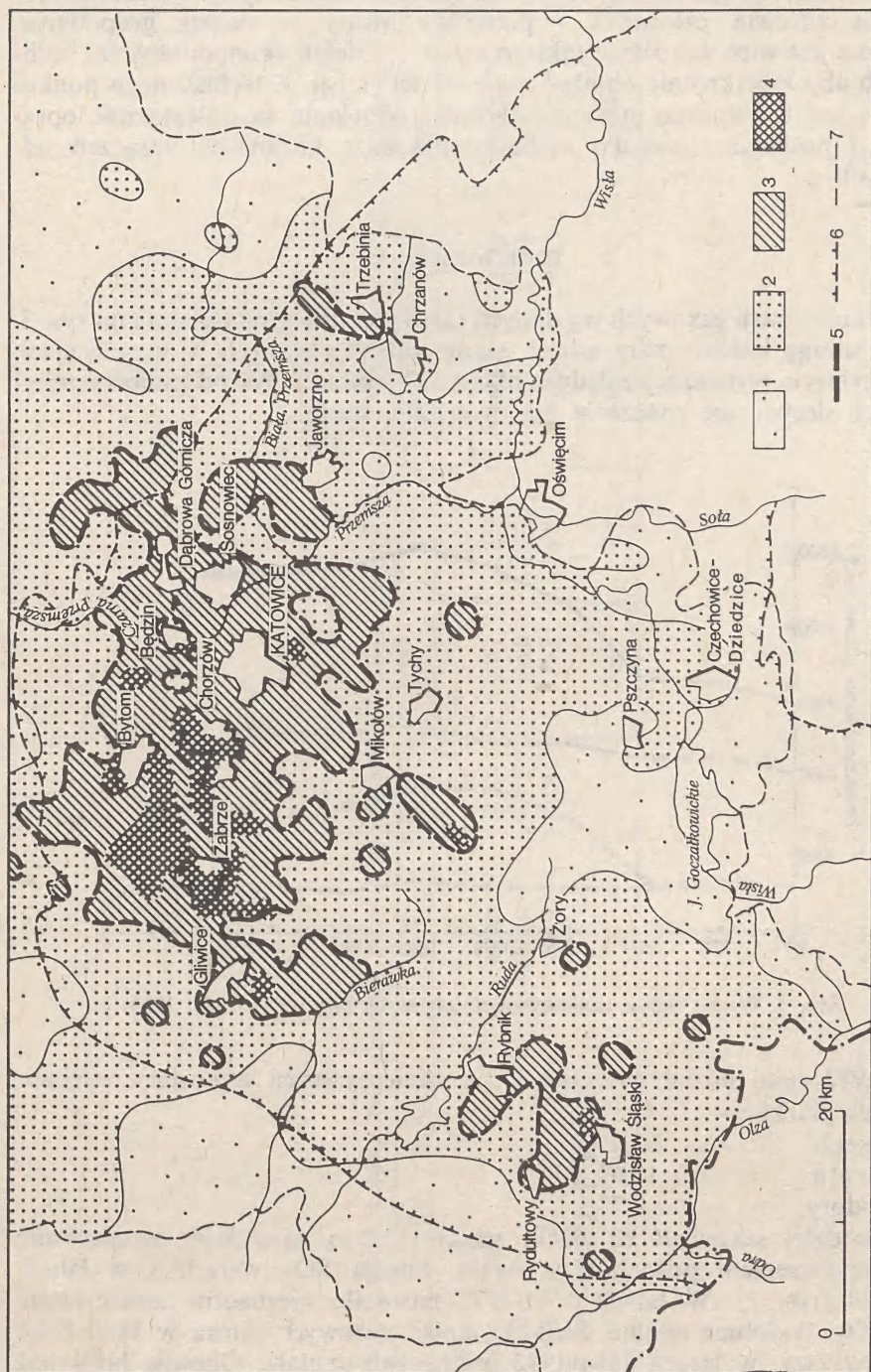
Nie dysponujemy mapami charakteryzującymi wielkość emisji pyłu w skali kraju. Zdjęcia satelitarne pozwalają na śledzenie największych w skali świata "pióropuszy dymów", jakie rozciągają się nad Polską, a szczególnie



Rys. 1. Wzrost emisji zanieczyszczeń pyłowych (wg GUS, 1982)

w rejonie Zagłębia Ostrawskiego i Zagłębia Górnoląskiego. Mapa (rys. 2) ilustruje całkowity opad pyłów w GOP; widzimy, jak wielkie obszary GOP znajdują się w strefie przekraczanych norm dopuszczalnego zapylenia.

Z wykresu przedstawionego na rys. 1 wynika, że ogólna wielkość emisji pyłowych powinna być zmniejszona w Polsce kilkakrotnie. Utrzymywanie

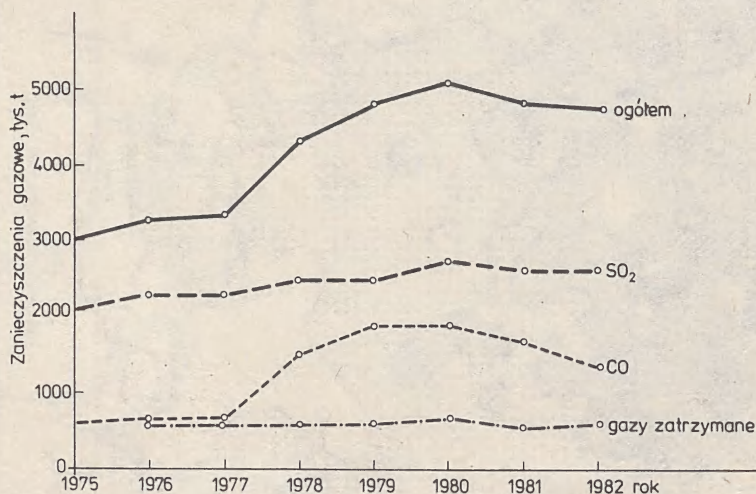


Rys. 2. Całkowity opad pyłów w GOP — wielkość zapylenia w t/km^2 na rok: 1 — 53-125, 2 — 125-250, 3 — 250-500, 4 — 500-1706, 5 — granica normy — 250, 6 — granica GZW, 7 — granica woj. katowickiego do 1975 roku

obecnej emisji na poziomie 2440-1800 tys. ton rocznie jest bardzo szkodliwe dla zdrowia człowieka i powoduje straty w naszej gospodarce. Konieczne jest więc wdrożenie takiego systemu działań ekonomicznych i technicznych aby kilkakrotnie obniżyć wielkość tej emisji. Z technicznego punktu widzenia jest to zupełnie możliwe. Techniki odpylania są dostatecznie opracowane i posiadamy szeroko rozbudowaną bazę krajowych urządzeń odpylających.

EMISJE GAZOWE

Wielkość emisji gazowych wg danych GUS przedstawiona została na rys. 3. Zwraca uwagę bardzo mały udział gazów zatrzymywanych w urządzeniach produkcyjnych, wynoszący zaledwie około 12% (tab. 2). Wśród zanieczyszczeń gazowych decydujące znaczenie ma dwutlenek siarki.



Rys. 3. Wzrost emisji zanieczyszczeń gazowych (wg GUS, 1982, 1983)

W 1982 roku udział poszczególnych zanieczyszczeń atmosfery wynosił:

dwutlenek siarki	—	51,1%,
tlenek węgla	—	31,4%,
tlenek azotu	—	11,6%,
węglowodory	—	2,7%.

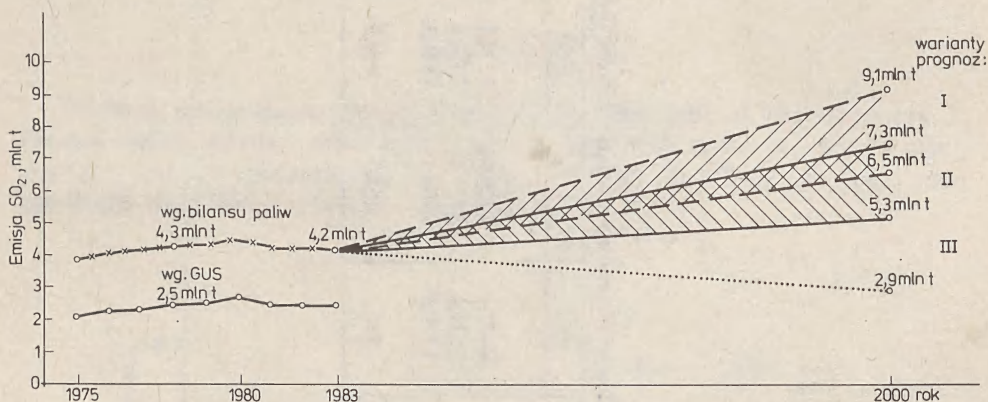
Najbardziej szkodliwe są tlenki siarki i te są najczęściej utożsamiane z zanieczyszczeniem powietrza w ogóle. Emisja SO₂ wzrastała w latach 1975-1980 (rys. 3). W latach 1981-1982 nastąpiło nieznaczne zmniejszenie emisji SO₂. Podobnie ogólna wielkość emisji gazowych, która w 1980 roku była najwyższa, w latach 1981-1982 nieznacznie malała. Obecnie brak jest kompleksowej oceny wielkości emisji SO₂ w Polsce.

Tabela 2

Wzrost emisji zanieczyszczeń gazowych (w tys. ton) pochodzących z zakładów przemysłowych uciążliwych dla otoczenia (wg GUS, 1983)

Rok	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Zanieczyszczenia gazowe ogółem	3 039,9	3 347,2	3 439,1	4 477,4	4 829,9	5 134,8	4 899,3	4 761,4
SO ₂	2 081,0	2 307,8	2 336,4	2 521,4	2 525,4	2 754,6	2 448,7	2 433,1
CO	591,8	681,4	689,6	1 570,5	1 900,6	1 946,3	1 700,1	1 496,1
Gazy zatrzymane w urządzeniach do produkcji		562,5	578,6	586,3	554,0	663,9	560,9	600,0

Jak wspomniano, dane GUS obejmują tylko liczby podawane przez duże zakłady przemysłowe. Istnieje również inna ocena emisji SO_2 , oparta głównie na bilansie paliw. Ocena dokonana na Politechnice Warszawskiej w zespole prof. Judy mówi o emisji SO_2 rzędu 4,5 mln ton rocznie (rys. 4). Podobnie ocena dokonana w resorcie energetyki określa tę emisję na 5,2 mln ton rocznie. Mamy więc zasadniczą rozbieżność z danymi GUS.



Rys. 4. Emisja SO_2 w Polsce

Ocena bilansu paliw nie obejmuje jednakże całej emisji SO_2 . Doliczyć trzeba jeszcze emisję przemysłu chemicznego, transportu samochodowego i in.

Istotne jest porównanie emisji SO_2 w skali międzynarodowej. W 1982 roku emisja krajów europejskich oceniona była następująco (w mln ton rocznie) [19]:

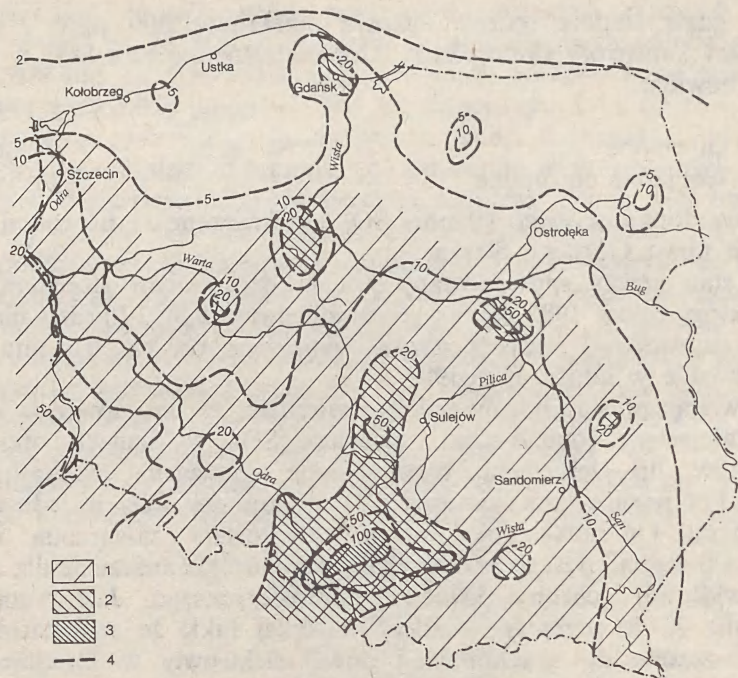
ZSRR	— 25,5,	Włochy	— 3,0,
W. Brytania	— 4,2,	Francja	— 2,9,
NRD	— 4,0,	Polska	— 2,5,
RFN	— 3,5,	Hiszpania	— 2,0,
CSRS	— 3,3,	Rumunia	— 2,0.

Ilość emitowanego w 1982 roku SO_2 na powierzchnię poszczególnych krajów przedstawia się następująco (t/km^2):

NRD	— 37,0,	Rumunia	— 8,4,
CSRS	— 26,3,	Polska	— 7,9,
W. Brytania	— 17,4,	Francja	— 5,3,
RFN	— 14,1,	ZSRR	— 4,5,
Włochy	— 10,2,	Hiszpania	— 4,1.

Przyjmując ocenę prof. Judy [13] ilość SO_2 emitowanego do atmosfery dla Polski w 1980 roku wynosiła $13,0 \text{ t/km}^2$, gdy średnio w Europie osiągała $2,3 \text{ t/km}^2$.

Przedstawione wartości należy zestawić z biologicznymi progami odporności roślin i zwierząt. Wartość progowa odporności dla lasu iglastego



Rys. 5. Strumień związków siarki z wszystkich źródeł emisji SO_2 w Polsce w 1978 roku w t/km^2 na rok (wg J. Judy): 1 — średnie roczne stężenie SO_2 przekraczające $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (wartość progowa dla zagrożenia lasów iglastych), 2 — średnie roczne stężenie SO_2 przekraczające $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (wartość progowa dla zdrowia ludzkiego), 3 — średnie roczne stężenie przekraczające $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (strefa katastrofy ekologicznej), 4 — strumień związków siarki docierający do podłoża w t/km^2 na rok

wynosi około $7,5 \text{ t}/\text{km}^2$ na rok, co odpowiada średniemu rocznemu stężeniu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wartość progowa dla zdrowia ludzkiego wynosi $20 \text{ t}/\text{km}^2$ na rok, co odpowiada stężeniu rocznemu $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Jak z tego wynika, wiele krajów, w tym Polska, jest w strefie zagrożenia lasów iglastych i zdrowia ludzkiego (rys. 5). Cały obszar: GOP, Kraków, Warszawa, Łódź, Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy, Poznań, Turów oraz Trójmiasto znajduje się obecnie w strefie stężeń SO_2 powyżej $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i strumienia związków siarki powyżej $20 \text{ t}/\text{km}^2$ na rok. W rejonie GOP i Krakowa wartości stężeń osiągają ponad $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przy maksymalnych w GOP około $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sytuacja Polski komplikuje się dodatkowo na skutek mechanizmu transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń powietrza. Z wiatrami do Polski napływa w dużych ilościach zanieczyszczone powietrze z zachodu, głównie z CSRS i z NRD.

Ocenia się, że udział transgranicznych zanieczyszczeń stanowi w Polsce około 47% całkowitej emisji SO_2 . Tym samym Polska znalazła się w strefie wyjątkowo dużego stężenia SO_2 . Maksymalne stężenia występują na Górnym

Śląsku, gdzie średnie roczne stężenie przekracza $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, co równa się granicy katastrofy ekologicznej. Dopuszczalne stężenie SO_2 w powietrzu wynosi bowiem:

	obecnie	od 1991 roku
obszary chronione	— $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$32 \mu\text{g}/\text{m}^3$
obszary specjalnie chronione	— $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$11 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Normy dopuszczalnego stężenia SO_2 przekraczane są na całym obszarze głównych miast Górnego Śląska.

Ten stan rzeczy spowodowany jest bardzo małym stopniem redukcji gazów, który np. w 1982 roku wynosił zaledwie 10,3%. Bardzo niepokojące jest to, że wielkość redukcji gazów wynosząca rocznie 0,6 mln ton nie uległa zmianie w latach 1976-1983.

Omawiając polskie normy należy stwierdzić, że nie zawierają one przepisu ustalającego dopuszczalną zawartość SO_2 w dymach przy wylocie z kominów, np. elektrowni. Normy takie obowiązują w wielu krajach np. w RFN norma taka wynosiła 650 miligramów SO_2 w jednym metrze sześciennym. Od 1984 roku norma ta została zaostrzona i wynosi obecnie $400 \text{ mg}/\text{m}^3$. Jest to przepis mający zasadnicze znaczenie dla zapewnienia prawidłowej ochrony powietrza atmosferycznego. Jak rygorystycznie traktowane są te przepisy świadczy najlepiej fakt, że w ostatnim czasie nie dopuszczono do uruchomienia nowej elektrowni w Buschausen koło Hanoweru, gdyż nie gwarantowała ona spełnienia omawianych przepisów.

PROGNOZY ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

Zasadniczy problem dotyczy prognozy zanieczyszczenia powietrza w Polsce. Wszystkie dotychczas wykonane prognozy zakładają dalszy i to duży wzrost emisji SO_2 . Dla ilustracji można przytoczyć, że jedynie zespół elektrowni bełchatowskich ma emitować SO_2 w granicach 0,9-1,2 mln ton/rok. Jeżeli przyjmiemy pośredni wariant mówiący o emisji SO_2 w 2000 roku w wielkości 6,5 mln ton, to również oznacza to bardzo gwałtowne pogorszenie się stanu środowiska. Przyjmując tendencje wzrostowe w CSRS i NRD oznacza to, że Polska w 2000 roku znajdzie się w strefie powszechnej, regionalnej katastrofy ekologicznej.

Powstaje pytanie: jakie będą konsekwencje tak dużego wzrostu emisji SO_2 . Zagadnienie to można rozpatrywać z punktu widzenia strat spowodowanych zanieczyszczeniem powietrza. Wykonane w Instytucie Kształtowania Środowiska opracowanie [5] zawiera ocenę strat powstałych w czterech grupach:

- straty powodowane brudzeniem i straty walorów estetycznych,
- straty w zdrowiu ludzkim,
- straty materiałowe (np. korozja),
- straty w vegetacji roślin (w tym lasy).

Wielkość strat w 1978 roku, przy założeniu emisji rzędu 4 mln t, określona została na 55 mld zł, co przy cenach obecnych należy podnieść do około 400 mld zł. Nakładając na to czynnik zdrowia ludzkiego i strat w rolnictwie otrzymamy wielkość strat przekraczającą 1 bilion zł.

Przewidywany prawie dwukrotny wzrost emisji doprowadzi do zwielokrotnionych strat. Nastąpi załamanie się odporności wielu obszarów rolnych i leśnych, powodując regionalną katastrofę ekologiczną. Trzeba więc stwierdzić, że jest to prognoza nie do przyjęcia zarówno ze względów społecznych jak i gospodarczych. Dodatkowym elementem komplikującym tę sytuację są uwarunkowania międzynarodowe. Konwencja o transgranicznym rozprzestrzenianiu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, jakkolwiek nie podpisana dotychczas przez Polskę, będzie już niedługo obowiązywać w Europie². W niedługim czasie zarysuje się podział Europy na dwa bloki: kraje, które opanowały emisję SO₂ i stopniowo ją zmniejszają i kraje, w których będzie następował szybki, niekontrolowany wzrost emisji SO₂.

Na konferencji w Monachium, w 1984 roku przedstawione zostały zamierzenia krajów Europy Zachodniej w zakresie zmniejszenia emisji SO₂:

Francja	w latach	1980-1990 o 50%
RFN	"	1980-1993 o 50%
Norwegia	"	1980-1994 o 50%
Dania	"	1980-1995 o 40%
Holandia	"	1980-1995 o 40%
Austria	"	1980-1993 o 30%
Finlandia	"	1980-1993 o 30%
Szwecja	"	1980-1993 o 30%
Szwajcaria	"	1980-1993 o 30%

Jest to więc ogólny europejski program obejmujący również inne kraje świata, np. Kanadę. Omawiany program oparty jest na realnej ocenie ekonomicznej. Ocenia się np., że aby w RFN zmniejszyć emisję o 37% należy wydać 1 mld marek. Wydatek ten przyniesie realne korzyści gospodarcze, gdyż pozwoli zaoszczędzić tylko na korozji metali 600 mln marek. Same straty drewna w lasach oceniane są na 650-700 mln marek.

Tak więc wielkie narodowe programy ochrony środowiska oparte są na kompleksowej ocenie gospodarczej i rachunku zysków i strat.

Jeżeli doszłoby do podziału Europy na dwa bloki o czystym i brudnym powietrzu będzie to miało daleko idące reperkusje gospodarcze i polityczne. Należy się spodziewać barier na eksport do Europy Zachodniej szeregu wyrobów, np. żywności. Powstaną ograniczenia w ruchu samochodowym. W RFN już od 1986 roku ma być wprowadzona benzyna bezołowiowa i tzw. czysty samochód wyposażony w pochłaniacze katalityczne. Jest to jeden z przykładów jak daleko idące zmiany technologiczne nastąpią już

² Podpisanie konwencji nastąpiło w 1985 r.

w najbliższym czasie w wielu dziedzinach życia związanych z problematyką ochrony środowiska człowieka.

W tej sytuacji konieczna jest zasadnicza rewizja dotychczasowych założeń dalszego rozwoju społeczno-gospodarczego kraju. Istnieje bezwzględna konieczność realizacji założeń ekopolityki państwa, jeżeli chcemy utrzymać pozycję środkowoeuropejskiego kraju biorącego udział w międzynarodowej współpracy gospodarczej i społecznej. Polityka ta winna się wyrażać w podjęciu działań, które doprowadziłyby w 2000 roku do zmniejszenia emisji SO_2 o 30% w stosunku do stanu obecnego (rys. 4). Tym samym Polska znalazłaby się w grupie państw realizujących program międzynarodowej ochrony środowiska.

Mamy więc przed sobą dwie drogi [17]:

wariant I — kroczenie po dotychczasowej drodze industrializacji kraju i stopniowy wzrost emisji SO_2 ;

wariant II — dokonanie zwrotu w gospodarce paliwami i ochronie środowiska, co umożliwi stopniową redukcję emisji SO_2 .

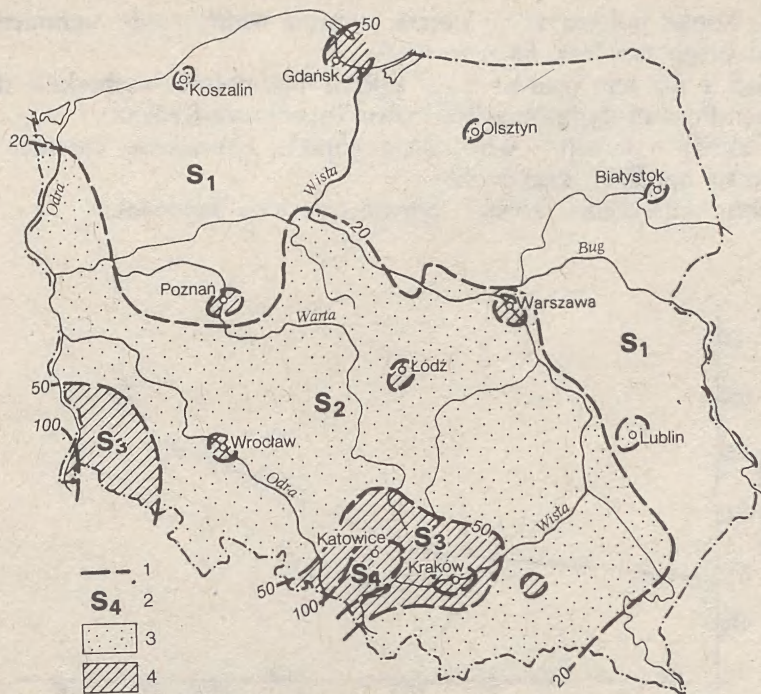
Wybór wariantu dalszego rozwoju społeczno-gospodarczego kraju, a więc uwzględnienie lub nieuwzględnienie zagadnień ochrony środowiska ma daleko idące reperkusje dla całokształtu naszej gospodarki i życia społecznego.

W ostatnim czasie w Polskim Towarzystwie Gleboznawczym w ramach programu "Bibleb" opracowana została prognoza rozkładu emisji SO_2 w 1990 i 2000 roku przy założeniu, że wzrośnie ona do około 6,5 mln t [18] (rys. 6). Prognoza ta oznacza powiększanie się obszaru, na którym powstaną zagrożenia dla roślin i zdrowia człowieka. Degradacja szaty roślinnej odbije się na wysokości plonów. Przyjmując za Białobokiem [1] próg wyraźnych strat w uprawach podstawowych zbóż na $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na rok w okresie wegetacyjnym to okaże się, że znaczna część Polski południowo-zachodniej znajduje się w tej strefie. Zakładając dalszy wzrost emisji SO_2 w CSRS i NRD mamy prawo spodziewać się, że cała strefa Polski południowo-zachodniej będzie w zasięgu stężeń powyżej $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na rok.

Istnieje jednak wiele roślin uprawnych i sadowniczych, dla których straty w plonach powstają już przy stężeniu SO_2 w okresie wegetacyjnym powyżej $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Są to takie rośliny jak: koniczyna, lucerna, łubin, wyka, bób, groch, szpinak, agrest, orzech włoski, czerwona porzeczka. Już obecnie średnie roczne stężenia SO_2 przekraczają ten próg w całej centralnej części woj. katowickiego. Obszary te winny być już teraz wyłączone z upraw szeregu roślin ze względu na kumulowanie się w nich nadmiernej ilości metali. Szczególnie duża kumulacja metali następuje w selerach i pietruszce [11]. Należy też ograniczyć uprawę tych roślin, które kumulują metale w mniejszych ilościach, ale spożywane są w dużych ilościach, jak ziemniaki i kapusta.

Jeżeli więc nie nastąpi ograniczenie emisji pyłów i gazów to możliwości rolniczego i ogrodniczego wykorzystania gruntów na obszarze woj. katowickiego ulegną bardzo daleko idącemu ograniczeniu.

Zanieczyszczenie powietrza powoduje również zamieranie lasów. Drzewa iglaste (jodła, świerk, a następnie sosna) są szczególnie czułe na SO_2 i metale w powietrzu atmosferycznym. Według danych Instytutu Badawczego



Rys. 6. Strefy zagrożeń środowiska przyrodniczego 'w 1990 roku wg izolinii średnich stężeń SO_2 w powietrzu (stężenie SO_2 w $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wg danych BIGLEB. 1 — izolinia stężenia SO_2 w $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2 — strefy zagrożeń: S_1 — strefa względnie małych zagrożeń, S_2 — strefa względnie dużych zagrożeń, S_3 — strefa dużych zagrożeń, S_4 — strefa bardzo dużych zagrożeń, 3 — obszar zagrożenia szaty leśnej, 4 — obszar zagrożenia zdrowia ludzkiego

Leśnictwa, zagrożenie lasów iglastych, przy podanych niżej założeniach średniorocznych stężeń SO_2 przedstawia się następująco.

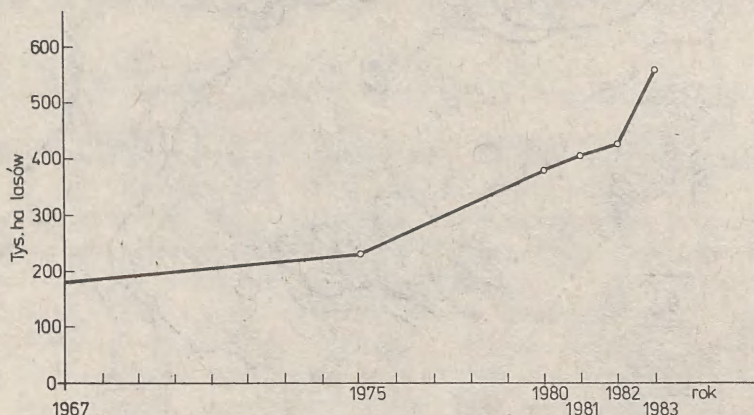
- | | | |
|-------------------------------|---|------------------------------|
| 0-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | — | brak uszkodzeń drzewostanów, |
| 20-50 " | — | I strefa uszkodzeń lasów, |
| 50-100 " | — | II strefa uszkodzeń lasów, |
| > 100 " | — | III strefa uszkodzeń lasów. |

Przekraczanie dopuszczalnych stężeń SO_2 prowadzi do giniecia jodły, a następnie świerka i sosny. Ze zjawiskiem tym mamy do czynienia w całym obrzeżeniu GOP, w Sudetach zachodnich oraz lokalnie w wielu innych regionach kraju. Proces giniecia lasu szybko postępuje. Świadczy o tym bardzo szybki wzrost powierzchni lasów uszkodzonych na skutek emisji pyłów i gazów (rys. 7). Porównując mapę stężeń SO_2 (rys. 5) z przedstawionymi powyżej danymi widzimy jak wielkie jest zagrożenie naszych lasów.

Jeżeli emisja SO_2 będzie dalej się powiększać, to już w 1990 roku sytuacja w Polsce będzie katastrofalna. W programie "Bigleb" opracowana została prognoza zagrożenia lasów i siedlisk leśnych przez przewidywany rozwój energetyki. Przestrzenny obraz tej prognozy przedstawiony został

na rys. 8. Ponad połowa kraju objęta zostanie nadmiernym stężeniem SO_2 , w wyniku czego utworzą się trzy strefy:

- średnich i dużych szkód — cała Polska południowo-zachodnia do linii Szczecin-Poznań-Bydgoszcz-Warszawa-Tarnobrzeg-Krosno;
- duże szkody w lasach — woj.: jeleniogórskie, katowickie, częstochowskie, częściowo opolskie, krakowskie;
- całkowite zniszczenie lasów — prawie całe woj. katowickie.

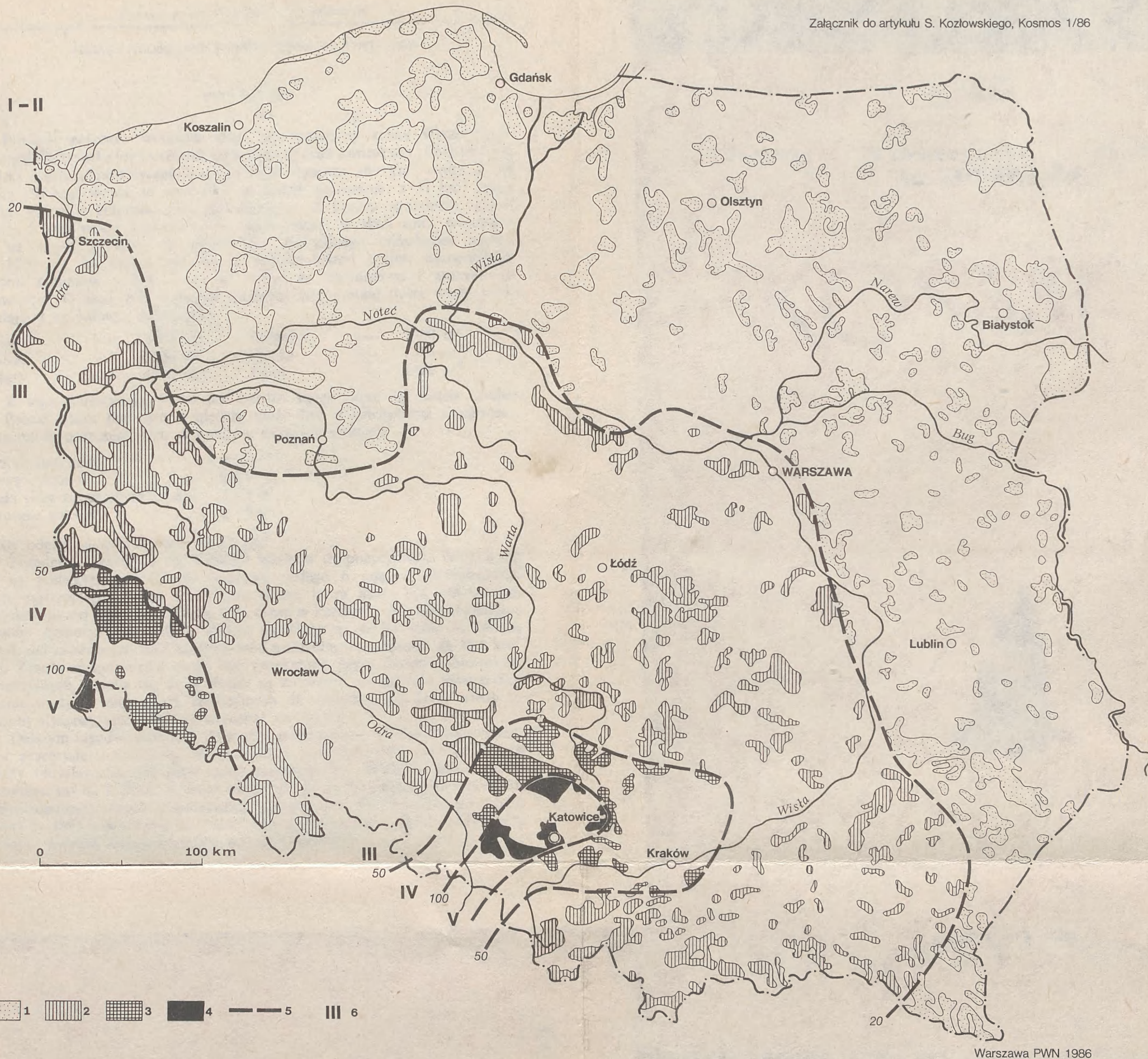


Rys. 7. Wzrost powierzchni lasów uszkodzonych na skutek emisji pyłów i gazów (wg GUS, 1983)

Przedstawiona na rys. 8 prognoza oznacza, że duża część lasów przestanie pełnić funkcje regulatora stosunków klimatycznych i wodnych, co pociągnie za sobą bardzo daleko idące konsekwencje, np. w funkcjonowaniu agrosystemów. Bardzo poważnie ograniczona zostanie funkcja rekreacyjna, turystyczna oraz lecznicza szeregu uzdrowisk. Nastąpi daleko idące zaburzenie produkcji drewna, załamując dotychczasowy sposób użytkowania surowców leśnych.

Z analizy obecnie konstruowanych planów społeczno-gospodarczego rozwoju kraju na lata 1986-1990 wynika, że należy liczyć się ze wzrostem emisji SO_2 co najmniej do 2000 roku. Przy takim wariacie rozwoju kraju klęska lasów w 2000 roku będzie jeszcze większa niż to przedstawiono dla 1990 roku. Jeżeli emisja SO_2 będzie rosła w założonym tempie do roku 2000 to Polsce grozi utrata około 1/3 lasów. Byłaby to wielka regionalna katastrofa ekologiczna mająca różne konsekwencje gospodarcze³.

³ Przegląd technologii umożliwiających obniżenie emisji gazów i pyłów przedstawiony został w materiałach z międzynarodowej konferencji: „Strategia i technika ochrony powietrza atmosferycznego” Kom. Inż. Środ. PAN. Zabrze-Warszawa 1985.



Warszawa PWN 1986

Rys. 8. Zagrożenie lasów i siedlisk leśnych przez energetykę — prognoza 1990 (syntetyczne ujęcie danych z wydruku mapy nr 2 — BIGLEB, PTG). Przewidywane szkody w lasach: 1 — początek wzrastającej degradacji drzewostanów iglastych oraz zmniejszenie się funkcji ochronnej lasów; 2 — średnie i duże szkody w lasach, utrata funkcji ochronnej lasów; 3 — duże szkody w lasach, lasy przestają pełnić funkcję regulatorów warunków klimatycznych i wodnych jak też funkcjonowania agrosystemów; 4 — całkowite zniszczenie lasów; 5 — izoliny stężeń SO_2 w $\mu\text{g}/\text{m}^3$ średnie roczne; 6 — klasy stężeń SO_2

ZMIANY ILOŚCIOWE I JAKOŚCIOWE BILANSU WÓD

BILANS ILOŚCIOWY

Problem zasobów wodnych kraju przedstawiony został wyczerpująco w pracy Kaczmarka [6]. Ocenia się, że w przeciętnych warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne w ciągu roku wynoszą 189 km^3 wody. Z tej ilości 138 km^3 wraca do atmosfery na skutek parowania, a 51 km^2 zasila rzeki, jeziora i zbiorniki wód podziemnych. Z krajów sąsiednich spływa około 5 km^3 wody. Łącznie zatem zasoby wody w skali roku szacowane są na około 56 km^3 . W przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosi to 1700 m^3 , co stawia nas na 22 miejscu wśród krajów europejskich. Zatem naturalne zasoby wody w Polsce są ograniczone i stosunkowo niewielkie. O skali tych zasobów świadczy porównanie ilości wody przypadającej na jednego mieszkańca:

świat	—	12000 m^3 ,	Bułgaria	—	2300 m^3 ,
ZSRR	—	15000 m^3 ,	Polska	—	1700 m^3 ,
Węgry	—	4000 m^3 ,	Egipt	—	1400 m^3 .

Z tego porównania widać jak bardzo ograniczone są zasoby wodne w Polsce, która pod tym względem może być porównywana z Egiptem. Pojemność poszczególnych zbiorników wodnych wynosi:

jeziora naturalne	—	33 km^3 ,
stawy rybne	—	$0,6 \text{ km}^3$,
rzeki przy zwyczajnym stanie	—	$1,3 \text{ km}^3$,
sztuczne zbiorniki	—	$2,3 \text{ km}^3$.

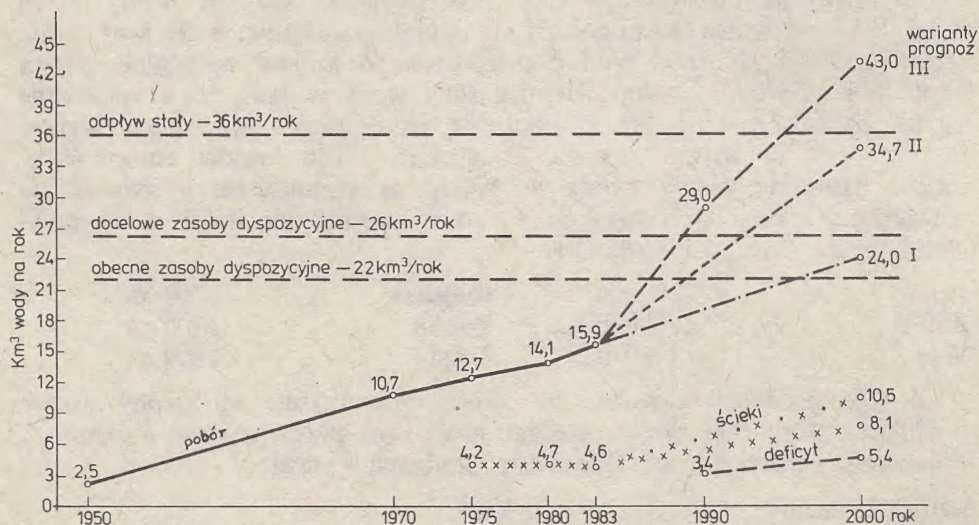
Stały odpływ szacowany jest na 32 km^3 .

Zasadnicze znaczenie ma wielkość zasobów dyspozycyjnych. Określa się je na podstawie zmniejszenia odpływu stałego o odpływ nienaruszalny, przy zastrzeżeniu, że jest to ta ilość wody, która może być dostarczona użytkownikowi przez co najmniej 95% czasu w każdym roku. Tak rozumiane zasoby dyspozycyjne wody w Polsce określone są na 22 km^3 [6]. W tej wielkości zawarta jest ilość zasobów wód podziemnych, oceniana na $12,5 \text{ km}^3$ [8]. Zasoby dyspozycyjne mogą być zwiększone przez budowę zbiorników retencyjnych. Ocenia się, że w Polsce są naturalne warunki do zmagazynowania wody w zbiornikach retencyjnych do wielkości $8,4 \text{ km}^3$; wtedy to zasoby dyspozycyjne mogłyby wzrosnąć do 26 km^3 .

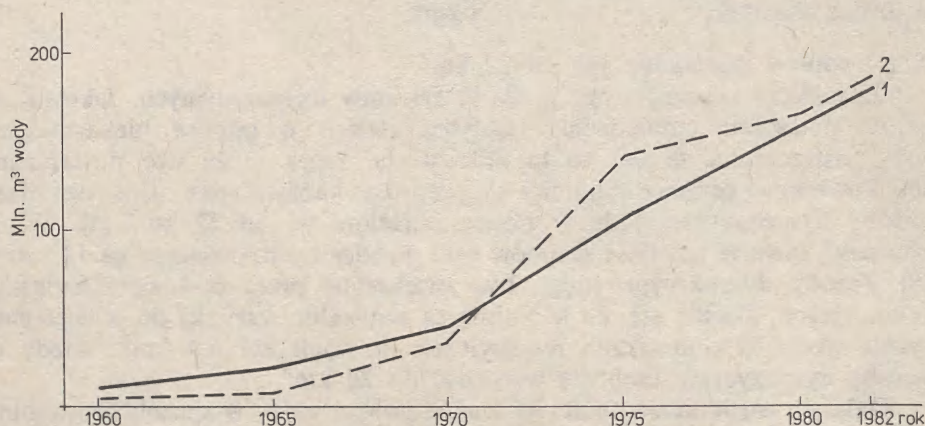
Dalszym zagadnieniem jest: ile można pobrać wody w sposób bezzwrotny dla przemysłu i rolnictwa. W rzekach i jeziorach musi pozostać część wody określana zwykle jako zasób nienaruszalny. Wielkość tego zasobu oceniana jest na 15 km^3 . Różnica między zasobem dyspozycyjnym i zasobem nienaruszalnym określa dopuszczalną wielkość zużycia bezzwrotnego wody, która w 1975 roku wynosiła 7 km^3 . Wielkość bezzwrotnego zużycia wody stanowi kolejną nieprzekraczalną barierę ilościową.

ZAPOTRZEBOWANIE NA WODĘ

Na tle przeprowadzonej analizy zasobów wodnych należy przedstawić dotychczasowe i spodziewane zapotrzebowanie na wodę. Pobór wody wykazuje bardzo dużą dynamikę. W ciągu ostatnich trzydziestu lat (1950-1980) nastąpił ponad sześciokrotny wzrost zużycia wody (rys. 9). Szczególnie duży wzrost zużycia wody występuje na wsi (rys. 10).

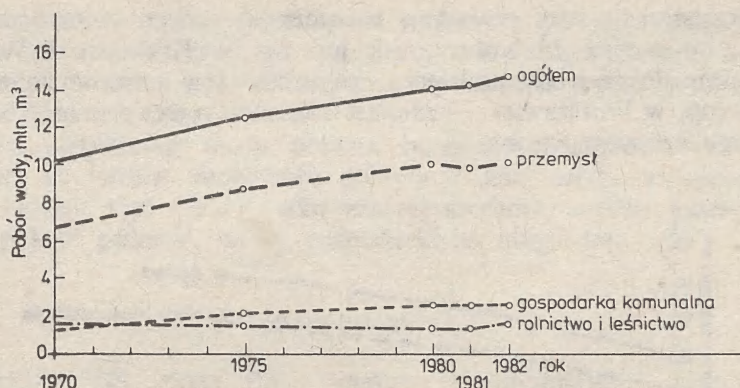


Rys. 9. Zapotrzebowanie na wodę w Polsce



Rys. 10. Wzrost zużycia wody w gospodarstwach domowych na wsi: 1 — z wodociągów sieciowych; 2 — z wodociągów zagrodowych (wg A. Szpindor, 1984)

Głównymi użytkownikami wody są przemysł, rolnictwo i leśnictwo oraz gospodarka komunalna (tab. 3). Dominujący udział w poborze wody ma przemysł (rys. 11), mniej wody zużywa rolnictwo i leśnictwo. Należy



Rys. 11. Pobór wody na potrzeby gospodarki narodowej (wg GUS, 1983)

się spodziewać, że już w niedługim czasie proporcje te ulegną znacznym zmianom. Związane to będzie ze spodziewanym, znacznym wzrostem zapotrzebowania na wodę w rolnictwie.

Rozpatrując problem zaopatrzenia w wodę należy wziąć pod uwagę źródła poboru wody. Woda zużywana przez gospodarkę pochodzi z ujęć powierzchniowych, podziemnych i kopalnianych (tab. 4). Zdecydowanie dominują wody powierzchniowe (rys. 12), które są jednak najbardziej zanieczyszczone. Dotyczy to przede wszystkim pierwszego poziomu wodonośnego. Jest to jedna z przyczyn wielkiej liczby studni kopanych, w których woda nie nadaje się do picia. Zgodnie z oceną SANEPiD są rejony w Polsce, gdzie w około 70% studni woda jest niezdatna do picia.

Tabela 3

Pobór wody na potrzeby gospodarki narodowej (wg GUS, 1983)

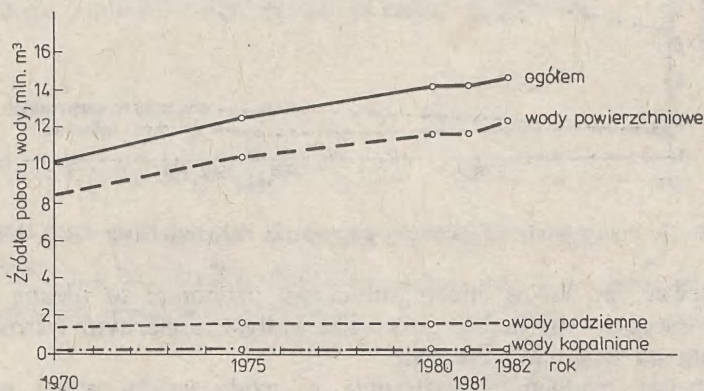
Pobór wody w mln m ³	1970	1975	1980	1981	1982
Ogółem	10 113,2	12 712,5	14 183,6	14 229,5	14 711,6
Przemysł	6 931,7	8 983,9	10 137,6	10 038,8	10 158,7
Rolnictwo i leśnictwo	1 681,0	1 662,1	1 323,4	1 441,5	1 768,2
Gospodarka komunalna	1 500,5	2 066,5	2 722,6	2 749,2	2 784,7

Tabela 4

Źródła poboru wody na potrzeby gospodarki narodowej (wg GUS, 1983)

Źródła poboru wody w mln m ³		1970	1975	1980	1981	1982
Ogółem		10 113,2	12 712,5	14 183,6	14 229,5	14 711,6
Wody	powierzchniowe	8 541,9	10 698,0	11 899,1	11 962,6	12 431,9
	podziemne	1 313,2	1 692,6	1 958,3	1 955,4	1 965,9
	kopalniane (użyte do produkcji)	258,1	321,9	326,2	311,5	313,8

Zanieczyszczenie rzek powoduje konieczność silnego chlorowania wody do picia, co obniża jej wolory; tak jest np. w Krakowie i Warszawie, równocześnie dobre wody podziemne używane są w znacznej mierze przez przemysł (np. w Warszawie) — zamiast stanowić rezerwę przede wszystkim dla potrzeb konsumpcyjnych.



Rys. 12. Źródła poboru wody na potrzeby gospodarki narodowej (wg GUS, 1983)

Nie są również prawidłowo zagospodarowane wody kopalniane. Wody z kopalni podziemnych są z reguły dobrymi wodami pitnymi i tylko w sporadycznych przypadkach są one stosowane dla potrzeb komunalnych. Typowym przykładem marnotrawstwa wody jest odwadnianie kopalni węgla brunatnego Bełchatów: dobre wody pitne zrzucane są do brudnej rzeki, gdy w tym rejonie Polski (GOP, Łódź) występują ostre niedobory wody. Wszystkie opracowane dotychczas liczne prognozy zakładają szybki wzrost zapotrzebowania na wodę. Najczęściej rozpatrywane są trzy warianty wzrostu zapotrzebowania na wodę w 2000 roku (rys. 9):

I — minimalne potrzeby (24 km^3);

II — potrzeby określone w planach regionalnych (wojewódzkich) na podstawie badań symulacyjnych w układach hydrograficznych;

III — wariant dużych potrzeb w granicach $43\text{--}63 \text{ km}^3$, wywołanych głównie przez zapotrzebowanie rolnictwa.

Przyjmując wariant II stwierdzamy, że jest to zapotrzebowanie przekraczające obecne, a nawet docelowe zasoby dyspozycyjne Polski. Natomiast wariant I przekracza nawet wielkość odpływu stałego.

Określone też zostały spodziewane deficyty wody w 2000 roku dla poszczególnych wariantów. Deficyty te wynoszą: dla wariantu I — $2,8 \text{ km}^3$, dla wariantu II — $5,4 \text{ km}^3$. Pokrycie tych deficytów jest możliwe przez budowę zbiorników retencyjnych o pojemnościach zbliżonych do wielkości spodziewanego deficytu.

Przy prawidłowej gospodarce wodą, to znaczy przy pełnym oczyszczaniu ścieków prezentowane wielkości zapotrzebowania nie byłyby tak groźne.

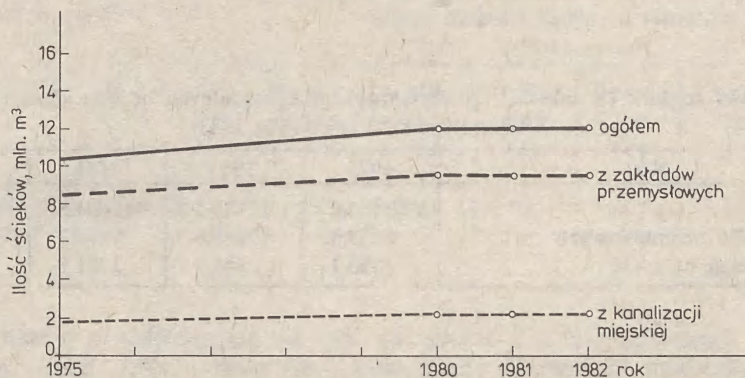
Jednak jesteśmy w takiej sytuacji, że woda raz pobrana rzadko wraca do obiegu jako woda czysta. Z reguły jest ona zanieczyszczona z ograniczonymi możliwościami jej wykorzystania. Sytuacja ta często dotyczy całych rzek, np. Wisły czy Odry.

Obecnie gospodarka nasza pobiera bezzwrotnie około 2 km^3 wody. Ocenia się, że istnieje możliwość poboru 7 km^3 wody w sposób bezzwrotny. Gdyby więc nie zjawisko zanieczyszczenia, zasoby wodne Polski mogłyby pokryć potrzeby naszej gospodarki na długie lata.

BILANS JAKOŚCIOWY

Statystyka GUS podaje ilości ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych. Statystyka ta obejmuje tylko większe zakłady przemysłowe i ujęcia komunalne. Pozostaje do oszacowania faktyczna wielkość ładunków zanieczyszczeń zrzuconych do wód powierzchniowych. Dotychczas nie ma takiego rachunku, a należy się spodziewać, że łączna ilość tego ładunku będzie znacznie większa. Można by się tu oprzeć na szacunku w doświadczalnych zlewniach badawczych.

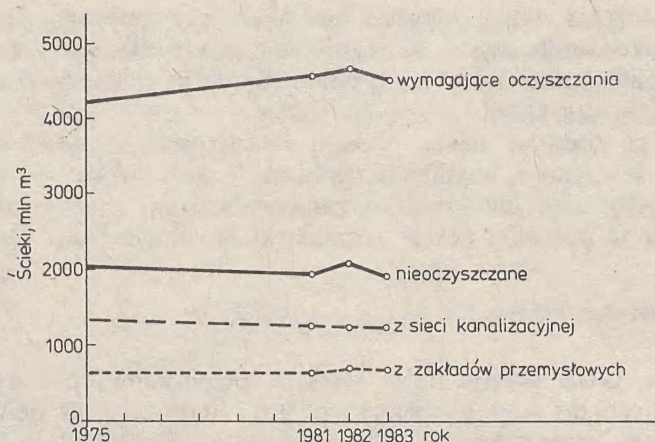
Wśród zrzuconych ścieków dominują ścieki z zakładów przemysłowych (rys. 13). Udział tych ścieków jest czterokrotnie większy od ścieków z kanalizacji miejskiej (tab. 5).



Rys. 13. Wzrost ilości ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych (wg GUS, 1983)

Ostatnią pojawia się nowy rodzaj zanieczyszczeń wody, pochodzący z rolnictwa, np. z wielkich ferm hodowlanych. Mamy też takie sytuacje, że wody wypływające z ujęć drenarskich są tak zanieczyszczone nawozami mineralnymi, że mają charakter ścieków.

Dla gospodarki wodnej decydujące znaczenie ma ilość ścieków wymagających oczyszczenia i stopień ich oczyszczenia. Ilość ścieków wymagających oczyszczenia wynosi około $4,5 \text{ km}^3$ (tab. 6). Z tej ilości oczyszczaniu



Rys. 14. Stan oczyszczania ścieków przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych (wg GUS, 1983)

podlega tylko 2,5 km³. Jest to jednak głównie oczyszczanie mechaniczne. Udział oczyszczania biologicznego jest bardzo mały i wynosi zaledwie 0,8%. Widzimy więc jak znikoma ilość ścieków jest prawidłowo oczyszczana. Wśród ścieków nieoczyszczonych dominują ścieki z sieci kanalizacyjnej, przekraczając prawie dwukrotnie ilość ścieków z zakładów przemysłowych (rys. 14).

Tabela 5

Wzrost ilości ścieków (w mln m³) przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych (wg GUS, 1983)

Rok	1975	1980	1981	1982
Ogółem	10 533,9	12 010,5	12 031,8	12 141,8
Z zakładów przemysłowych	8 573,6	9 668,6	9 670,7	9 762,5
Z kanalizacji miejskiej	1 960,3	2 341,9	2 361,1	2 379,3

Tabela 6

Stan oczyszczania ścieków (w mln m³) przemysłowych i komunalnych odprowadzanych do wód powierzchniowych (wg GUS, 1983)

Rok	1975	1980	1981	1982
Ścieki wymagające oczyszczenia	4 278,0	4 681,3	4 703,7	4 597,2
Oczyszczane:	2 261,5	2 703,6	2 602,3	2 597,2
mechanicznie	1 498,1	1 775,8	1 686,1	1 689,3
chemicznie	278,7	215,5	178,1	169,8
biologicznie	484,7	712,3	738,1	738,4
Nieoczyszczane:	2 016,5	1 977,7	2 101,4	1 999,7
z zakładów przemysłowych	665,0	679,0	818,6	719,8
z sieci kanalizacyjnej	1 351,5	1 298,7	1 282,8	1 279,9

Ogólna ilość ścieków stopniowo zwiększa się (rys. 13) i należy się liczyć z dalszym wzrostem. Opracowane zostały dwie prognozy ilości ścieków w 2000 roku [2]. Prognozy te określają ilość ścieków w 2000 roku na 8,1 do 10,5 km³ (rys. 8). Należy więc liczyć się z około dwukrotnym wzrostem ilości ścieków do 2000 roku. Powstaje zatem pytanie: jaki będzie w przyszłości ładunek zanieczyszczeń wprowadzanych do wód powierzchniowych? Dla ratowania sytuacji w gospodarce wodnej konieczne jest zmniejszenie tego ładunku.

ZANIECZYSZCZENIE WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Stopień zanieczyszczenia wód powierzchniowych: rzek, jezior i Bałtyku jest bardzo wysoki. Stan zanieczyszczenia tych wód stale się zwiększa. Proces ten jest szczególnie wyraźny w postępującej degradacji wód w naszych rzekach (tab. 7). Bardzo szybko maleje udział wód I klasy czystości, natomiast wzrasta udział wód III klasy oraz wód pozaklasowych (rys. 15).

Tabela 7

Wzrost zanieczyszczenia rzek w okresie pozakampanijnym (wg PIOŚ, 1983)

Klasy czystości wód	1967	1970	1973	1976	1977	1979
	odsetki długości badanych odcinków rzek (11,4 tys. km)					
I	36,6	24,8	23,4	14,5	10,1	9,8
II	25,6	29,2	32,2	26,7	32,6	31,3
III	14,0	17,6	18,0	24,1	25,6	25,9
Wody pozaklasowe — nadmiernie zanieczyszczone	28,8	28,4	26,4	34,7	31,7	33,0

Sytuacja przedstawiona na rys. 15 oparta jest na kryteriach mechaniczno-fizycznych. Jeśli określa się jakość wody kryteriami mikrobiologicznymi to udział czystych odcinków rzek jest jeszcze mniejszy:

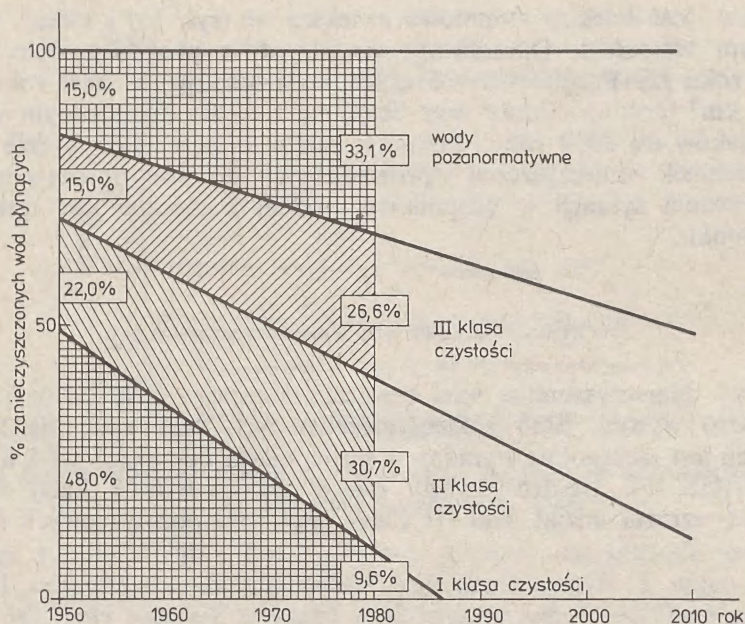
I klasa czystości — 1% długości rzek kontrolowanych,

II klasa czystości — 19% długości rzek kontrolowanych,

III klasa czystości — 21% długości rzek kontrolowanych,

poza obowiązującymi klasami — 49% długości rzek kontrolowanych. Do najbardziej zanieczyszczonych, większych rzek należą: Barycz, Bóbr, Brda, Bug, Bzura, Ina, Kamienna, Kwisa, Mała Panew, Ner, Nida, Noteć, Nysa Kłodzka, Nysa Łużycka, Odra, Warta, Wierzyca, Wieprz, Wisła.

Proces degradacji wód w polskich rzekach ma stałą tendencję wzrostową od kilkudziesięciu lat. Porównywalne badania za okres ostatnich 50 lat dotyczą jedynie jakości wody przy ujściach wodociągów warszawskich [4].



Rys. 15. Wzrost zanieczyszczeń wód płynących (w rzekach objętych pomiarami — 17700 km) (wg A. Szpindor, 1984)

Biorąc jednak pod uwagę, że jest to jednocześnie ocena jakości wody na obszarze około połowy kraju, można uznać ją za reprezentatywną dla omawianego zagadnienia.

Ocena jakości wody przy ujęciu dla wodociągów warszawskich obejmuje okres od 1924 do 1983 roku. Na rys. 16 przedstawiono zmiany zawartości chlorków w wodzie wiślanej. Analiza danych zamieszczonych w pracy Dojlido i Wojciechowskiej [4] pozwala na wyróżnienie następujących okresów:

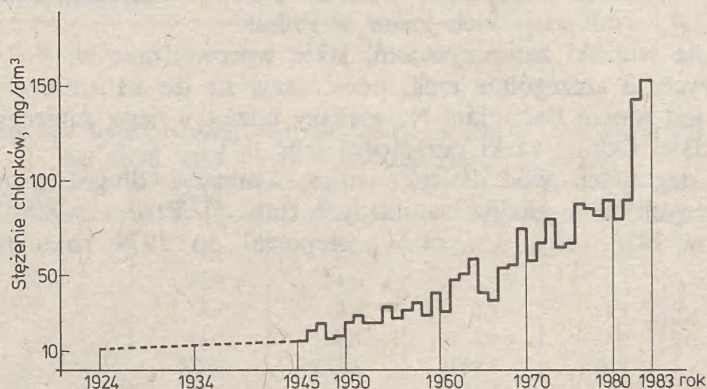
- 1924-1945 — niewielki wzrost zanieczyszczeń w rzece prowadzącej czyste wody,
- 1945-1960 — stopniowy wzrost zanieczyszczeń,
- 1961-1981 — szybki wzrost zanieczyszczeń, co spowodowało utratę walorów rekreacyjnych,
- 1982-1983 — gwałtowny wzrost zanieczyszczeń.

Przedstawione zestawienie ilustruje narastające szybko zanieczyszczanie wód wiślanych. Przedstawiona sytuacja jest o tyle groźna, że głównym ujęciem wody dla Warszawy jest woda z Wisły, która następnie jest uzdatniana. Należy więc spodziewać się już w niedługim czasie okresowego zamykania wodociągów w Warszawie jak to miało miejsce w ostatnim czasie w Krakowie, Mielcu i Nowym Targu.

Wobec braku realizacji wielu programów budowy oczyszczalni zarówno w przemyśle, jak i w gospodarce komunalnej musimy się liczyć z tym,

że stan zanieczyszczenia naszych rzek będzie się stopniowo zwiększał, przynajmniej do 1990 roku. Będzie to oznaczało powiększanie się długości odcinków rzek prowadzących zanieczyszczone wody. Tym samym jeszcze bardziej będą ograniczone możliwości korzystania z wód płynących przez gospodarkę przemysłową, komunalną, rolnictwo oraz dla celów rekreacyjnych.

Proces zanieczyszczenia wód powierzchniowych dotyczy również jezior. Około 300 jezior w Polsce o łącznej powierzchni około 93000 ha, co stanowi 30% ogólnej powierzchni wszystkich jezior odbiera zrzuty ścieków. Zanieczyszczone jeziora stanowią 46% objętości wszystkich jezior w Polsce. Obecnie jest około 500 punktowych, kontrolowanych źródeł zanieczyszczenia jezior. Ocenia się [14], że ogólny ładunek zanieczyszczeń odprowadzanych do jezior obliczany w jednostce BZT₅ wynosi na dobę 101 208 kg tlenu.

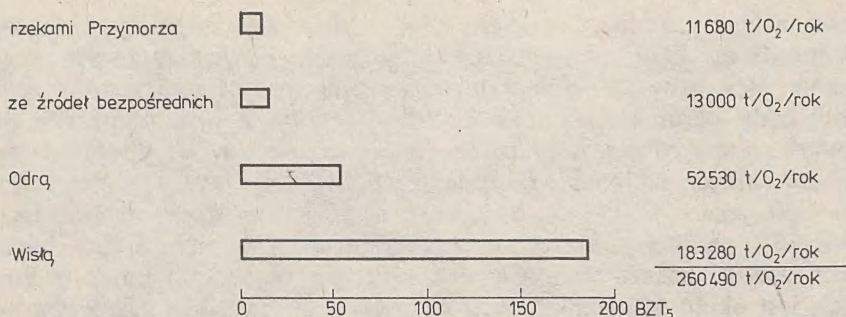


Rys. 16. Wzrost średnich stężeń chlorków w wodach Wisły przy ujściu wodociągów warszawskich (wg [4])

Proces ten powoduje szybką degradację jezior, w tym nawet największych zbiorników mazurskich. W badanych jeziorach w 27% obserwuje się masowe śnięcie ryb. Wiele jezior zostało całkowicie zniszczonych do tego stopnia, że jest konieczność likwidacji ośrodków wypoczynkowo-żeglarskich, np. nad jeziorem Jamno.

Degradacja jezior ma bardzo poważne konsekwencje ekologiczne. Raz zatrute jezioro nie jest w stanie powrócić do pierwotnego stanu. Próby oczyszczenia jezior są dopiero w fazie eksperymentów, są to jednak zabiegi długotrwałe, kosztowne i nie zawsze w pełni skuteczne. Z tych też względów jeziora winny być otoczone specjalną ochroną. Te naturalne zbiorniki czystej wody powinny być chronione w sposób bardzo rygorystyczny jako najwyższej rangi bogactwo narodowe.

Tymczasem prognozy sporządzone dla Wielkich Jezior Mazurskich przewidują, że do 1990 roku sumaryczne obciążenie przekroczy o 287% wartości dopuszczalne dla azotu i o 476% dla fosforu. Gdyby prognoza ta się

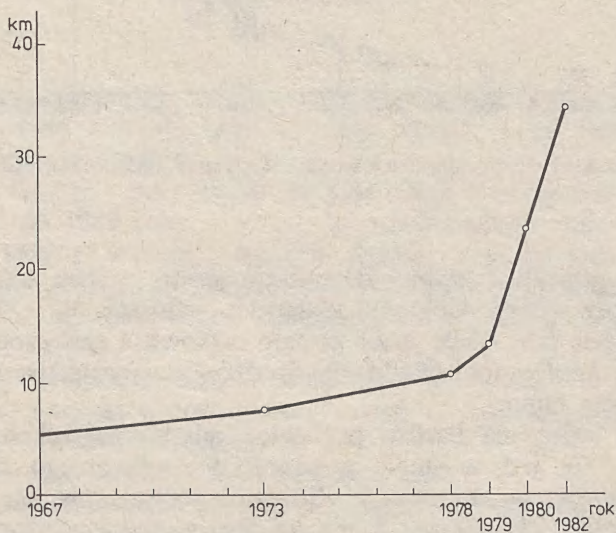


Rys. 17. Zanieczyszczenia (w BZT₅) Bałtyku wprowadzane z terytorium Polski (wg PIOŚ, 1982)

spełnia, to zniszczenie kompleksu Wielkich Jezior Mazurskich oznaczałoby degradację 20% wód wszystkich jezior w Polsce.

Nadmierne ładunki zanieczyszczeń, jakie wprowadzane są do wód powierzchniowych, a szczególnie rzek, przedostają się do naturalnego odbiornika jakim jest morze Bałtyckie. Największy udział w jego zanieczyszczaniu ma Wisła, dalej Odra i rzeki przylmorza (rys. 17).

Stopień degradacji wód Bałtyku można mierzyć długością odcinków plaż zamykanych ze względów sanitarnych (tab. 8). Proces zamykania plaż zaczął się w 1976 roku i szybko postępował po 1979 roku (rys. 18).



Rys. 18. Wzrost długości zamkniętych plaż bałtyckich (wg PIOŚ, 1982)

Początkowo plaże zamykane były tylko nad Zatoką Gdańską, ostatnio już nad otwartym morzem (rys. 19). Przewiduje się, że już w niedalekiej przyszłości znaczne odcinki wybrzeża Bałtyku będą wyłączone z możliwości kąpieli. Oznaczać to będzie pozbawienie społeczeństwa dotychczasowych możli-

Tabela 8

Wzrost długości zamkniętych plaż bałtyckich (wg PIOŚ, 1982)

Rok	Plaża	Długość zamkniętego odcinka w km	Łączna długość zamkniętych plaż w km
1967	Mechelinki	5,5	5,5
1973	Puck	2,0	7,5
1978	Gdańsk-Świbno	3,0	10,5
1979	Gdynia-Orłowo	2,5	13,0
1980	Gdańsk-Brzeźno	2,0	15,0
1980	Gdańsk-Sobieszewo	8,5	23,5
1981	Gdańsk-Jelitkowo	2,5	26,0
1981	Gdynia	4,5	30,5
1981	Gdynia-Oksywie	3,5	34,0

Tabela 9

Spadek połowów ryb słodkowodnych i wędrownych (w tonach) w wewnętrznej Zatoce Puckiej (wg PIOŚ, 1983 — Stan środowiska Zatoki Gdańskiej)

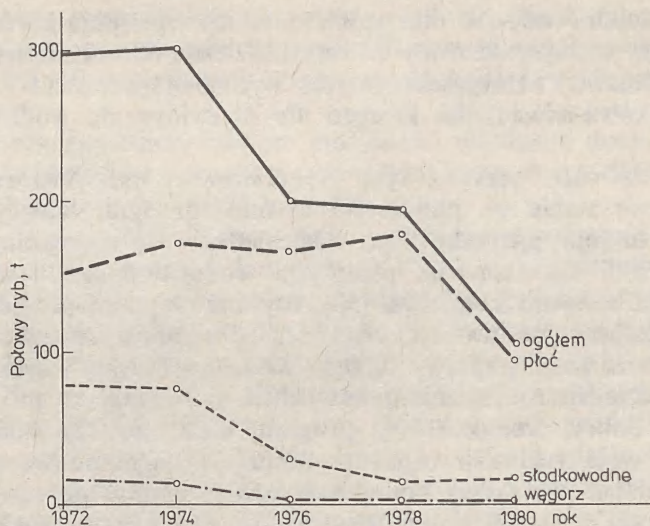
Gatunek ryb	1972	1974	1976	1978	1980
Łosoś i troć	1,1	2,9	1,5	0,06	0,03
Węgorz	15,4	14,6	3,8	1,1	0,8
Sandacz	2,2	8,4	2,4	1,9	0,1
Szczupak	44,0	10,8	3,9	3,2	1,6
Płoć	152,0	173,3	169,5	179,5	97,8
Słodkowodne	78,1	97,7	28,9	13,5	16,0
Ogółem	294,0	306,9	210,0	197,8	114,8

wości korzystania z naturalnych warunków rekreacyjno-zdrowotnych nad morzem.

Dalszą konsekwencją zanieczyszczenia Bałtyku jest spadek połowu ryb słodkowodnych i wędrownych (tab. 9). Proces ten występuje już w Zatoce Puckiej. Stopniowo wycofują się takie gatunki ryb jak: płoć, węgorz i ryby słodkowodne (rys. 20). Co prawda na skutek eutrofizacji wód Bałtyku powiększa się populacja śledzia i dorsza, a co za tym idzie wzrastają ich połowy, ale jest to sytuacja przejściowa, nie mająca istotnego wpływu na ogólną katastrofę ekologiczną tego zbiornika morskiego.

PRZEWIDYWANE KIERUNKI ZMIAN W GOSPODARCE WODNEJ

Przedstawione dotychczas rozważania wykazały, że obecna sytuacja w gospodarce wodą jest niezadawalająca, jest to w dużej mierze spowodowane tym, że przez 10 lat (1972-1982) nie było w Polsce centralnego organu



Rys. 20. Spadek połowów ryb słodkowodnych i wędrownych w wewnętrznym Zatoce Puckiej (wg PIOŚ, 1983 — Stan środowiska Zatoki Gdańskiej)

sterującego problematyką gospodarki wodnej. W okresie tym powstały bardzo poważne opóźnienia w realizacji takich zadań jak:

- budowa oczyszczalni,
- budowa zbiorników retencyjnych,
- prowadzenie melioracji o charakterze nawadniającym,
- wdrożenie technik recyrkulacji wody,
- wprowadzenie bodźców ekonomicznych sprzyjających oszczędzaniu wody.

Opracowany w latach siedemdziesiątych wielki program poprawy stanu gospodarki wodnej znany pod kryptonimem „Wisła” nie wszedł praktycznie do realizacji. Jednocześnie szybko narastają potrzeby wodne kraju, jak to przedstawiono syntetycznie na rys. 9.

W opracowanych dotychczas prognozach nie przewidziano bardzo ostrych niedoborów wody jakie wystąpiły w latach 1981-1983. Trzy stosunkowo suche lata dodatkowo pogłębiły trudną sytuację zaopatrzenia gospodarki w wodę. Ocenia się, że obecnie około 120 miast i 10000 miejscowości

Rys. 19. Stan i prognoza zanieczyszczeń Bałtyku (wg: „Program ochrony środowiska morza Bałtyckiego.”, Warszawa, 1984). Stopień zagrożenia wód morskich: 1 — mały, 2 — średni, 3 — duży. Skażenia sanitarne wód kąpieliskowych: 4 — wody złe i niepewne, 5 — przewidywane pogorszenie czystości wód kąpieliskowych, 6 — kąpieliska objęte zakazem kąpieli: 1 — Mrzeżyno, 2 — Grabowo, 3 — Puck, 4 — Rewal, 5 — Mechelinki, 6 — Oksywie, 7 — Orłowo, 8 — Sopot, 9 — Jelitkowo, 10 — Brzeźno, 11 — Sobieszewo, 12 — Świbno, 13 — Mikołajewo, 14 — Jantar, 15 — Stegna, 16 — Suchacz, 17 — Tolkmicko, 18 — Frombork. Stan czystości wód: 7 — I klasa, 8 — II klasa, 9 — III klasa, 10 — wody nie odpowiadające normom, 11 — granice zlewni

odczuwa niedobór wody. W niektórych miastach występują bardzo dotkliwe okresy przerwy w dopływie wody do całych dzielnic mieszkaniowych (Lublin, Wałbrzych, Kraków). Szczególnie symptomatyczne są trudności w zaopatrzeniu w wodę Krakowa-miasta, dla którego nie przewidywano wodnych sytuacji kryzysowych.

Musimy się więc liczyć z tym, że począwszy od 1990 roku deficyt wody w Polsce stanie się poważnym czynnikiem ograniczającym lokalnie możliwości rozwoju gospodarczego. Ograniczenia te szczególnie dotyczyć będą możliwości lokalizowania przemysłu wodochłonnego, rozwoju miast i osiedli oraz rozwoju rolnictwa [9]. Aby nie dopuścić do drastycznych ograniczeń lokalizacyjno-inwestycyjnych niezbędne jest realizowanie kompleksowych działań na rzecz poprawy bilansu wodnego Polski. Uzyskanie powodzenia w tej dziedzinie uzależnione jest jednak od dwóch czynników: 1) niezbędny jest dobry, kompleksowy program działania; 2) konieczna jest bezwzględna wola realizacji tego programu. Wymienione warunki nie są obecnie spełniane. Nie mamy kompleksowego programu poprawy stanu zaopatrzenia kraju w wodę, a przede wszystkim brak jest warunków organizacyjnych i finansowych na jego ewentualną realizację.

Brak realizacji ekopolityki w skali państwa i ekorozwoju⁴ w odniesieniu do poszczególnych regionów nie rokuje podjęcia w najbliższych latach (1986-1990) działań mogących w istotny sposób wpłynąć na poprawę zaopatrzenia w wodę [10]. Założenia najbliższego planu pięcioletniego przewidują tak niewielkie nakłady na ochronę środowiska, że nie pozwolą na zahamowanie postępującej degradacji [15].

Wodę należy już dziś uznać za najbardziej deficytowy surowiec w Polsce. Dlatego też poprawa bilansu wód jest zagadnieniem które winno uzyskać bezwzględny priorytet w stosunku do innych zamierzeń gospodarczych.

KIERUNKI ZMIAN W OKRESIE WPROWADZANIA REFORMY GOSPODARCZEJ

Zasady reformy gospodarczej wprowadziły istotne zmiany w sposobie oddziaływania Państwa na ochronę środowiska. Wobec usamodzielnienia się przedsiębiorstw utracony został dotychczasowy bezpośredni wpływ Państwa na ochronę środowiska. Wprowadzone natomiast zostały pośrednie instrumenty ekonomiczne, do których należą: ceny, podatki, dotacje.

W stosunku do przedsiębiorstw wprowadzone zostały następujące instrumenty ekonomiczne [3]:

- wprowadzenie zasady odpłatności za korzystanie z zasobów środowiska oraz zróżnicowanie cen surowców i produktów tworzonych na bazie tych surowców (opłaty, ceny);

⁴ Bliższe omówienie tego zagadnienia przedstawione zostało w pracy „Ekorozwój”. Człowiek i Światopogląd, Nr 5, 1985.

- zapewnienie przedsiębiorstwu (w przypadku podjęcia przez nie określonych działań na rzecz ochrony środowiska) możliwości uzyskania dodatkowych korzyści materialnych w postaci ulg podatkowych, tańszych kredytów itp.;
- zapewnienie przedsiębiorstwom możliwości uzyskania dotacji na podjęcie działań w dziedzinie ochrony środowiska korzystnych dla społeczeństwa a nieopłacalnych dla przedsiębiorstw.

Analiza skuteczności działania tych instrumentów wskazuje jednak na ich ograniczoną rolę w realizacji koniecznych zadań w dziedzinie ochrony środowiska. Wprowadzana bowiem reforma gospodarcza przyniosła jedynie częściowe rozwiązania ekonomiczno-gospodarcze nie stwarzając warunków dla kompleksowego rozwiązywania aktualnych problemów gospodarki państwa. W mechanizm reformy nie zostały dostatecznie wbudowane elementy sprzyjające ochronie przyrody i środowiska. Oparcie głównej zasady reformy na kryterium zysku otworzyło przedsiębiorstwom drogę do działań sprzecznych z potrzebami ochrony środowiska życia człowieka. Można wskazać na cztery główne zjawiska jakie ujawniły się już po wprowadzeniu reformy gospodarczej:

1. Wzrost zainteresowania przedsiębiorstw eksploatacją zasobów przyrody.

W pierwszej fazie wychodzenia z kryzysu najłatwiej było odbudować potencjał wydobywczy surowców mineralnych (węgiel kamienny, rudy miedzi, siarka i inne) oraz pozyskiwanie drewna w lasach. Ujawniły się elementy nadmiernej eksploatacji, często rabunkowej, co dotyczy szczególnie węgla kamiennego, rud miedzi, drewna.

2. Oparcie eksportu na wywozie nieprzetworzonych surowców. Skierowanie polityki proeksportowej na surowce stworzyło wielkie zagrożenie dla środowiska przyrodniczego a jednocześnie ograniczyło możliwości rozwoju innych branż, które mogłyby i powinny mieć znacznie większy udział w eksporcie. Dotyczy to rolnictwa, elektroniki i innych. Proeksportowy kierunek w grupie surowców naturalnych doprowadził do konieczności udzielania bardzo wysokich dotacji, np. do wydobywania węgla kamiennego. Wprowadzenie dotacji do wydobywania surowców jest sprzeczne z duchem reformy i ogranicza możliwości rozwoju innych dziedzin gospodarki.

3. Przyjęcie kryterium zysku jako elementu wiodącego doprowadziło do spadku zainteresowania przedsiębiorstw realizowaniem zadań z dziedziny ochrony środowiska. Przejawiało się to w spadku zamówień na urządzenia do oczyszczania powietrza i wody. Przedsiębiorstwa produkujące te urządzenia musiały ograniczyć produkcję i częściowo się przebranżowić. Tym samym stracona została szansa uzyskania wysokiej specjalizacji w tej dziedzinie i otwarcia drogi do eksportu tych urządzeń.

4. Przyjęta polityka bardzo niskich cen surowców naturalnych uniemożliwia podejmowanie działań zmierzających do ich oszczędnego stosowania. Zjawisko

to widoczne jest najlepiej w energetyce. W obecnej sytuacji nie opłaca się wprowadzać oszczędności użycia energii co z kolei wzmacnia nacisk na inwestowanie w nowe kopalnie, huty. Mimo, że nakłady na strukturalizację gospodarki w kierunku oszczędności energii wynoszą tylko 1/3 nakładów ponoszonych na wzrost produkcji energii, kierunek ten nie jest realizowany. Wiele krajów osiąga wzrost gospodarczy przy ujemnym wzroście energetycznym. Tymczasem mechanizm reformy skierowuje naszą uwagę na konstruowanie planów przewidujących wzrost wydobycia węgla i wzrost produkcji energii elektrycznej.

Czas jaki upłynął od wprowadzenia reformy gospodarczej jest stosunkowo krótki. Jednak już dziś można scharakteryzować jej skutki w dziedzinie ochrony środowiska. Można stwierdzić, że reforma gospodarcza nie notuje jeszcze wystarczających bodźców i dostatecznego strumienia środków finansowych i materialnych, które mogłyby być przeznaczone na ochronę środowiska i gospodarkę wodną w zakładach produkcyjnych.

Powszechne jeszcze, zarówno relacje cenowo-kosztowe, metodologia rachunku efektywności jak i bieżące ekonomiczne interesy gospodarowania przedsiębiorstw, preferują cele wąskoekonomiczne kosztem ochrony środowiska. Prowadzi to do tego, że nawet założenia Narodowego Planu Społeczno-Gospodarczego i Centralnych Planów Rocznych nie są w pełni realizowane.

Dla ilustracji tego twierdzenia można przytoczyć następujące przykłady:

1. W wyniku przeprowadzonej analizy przez Urząd Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej okazało się, że na 1000 zakładów zwolnionych z podatków i kar tylko 60 zakładów za uzyskane w ten sposób kwoty wybudowało oczyszczalnie ścieków. Z kilkudziesięciu kopalń węgla kamiennego zrzucających słone wody, które nie zostały ukarane grzywną, ani jedna kopalnia nie rozwiązała problemu odsalania wody.
2. Zastosowane ulgi, na okres 5 lat, w zakresie uzyskiwania pozwoleń wodno-prawnych nie dały zadowalających wyników. Większość zakładów nie zdołała w tym czasie uporządkować gospodarki ściekami.
3. Stosowanie ulgi w opłatach za ponadnormatywne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego również nie przyniosły zadowalających skutków. W dalszym ciągu rośnie wielkość ładunków emitowanych do atmosfery.

Konieczne jest więc podjęcie szeroko zakrojonych prac zmierzających do wprowadzenia rozwiązań systemowych i parametryczno-normatywnych w sferze ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Konieczny jest zespół instrumentów ekonomiczno-finansowych, które byłyby w stanie oddziaływać na sferę motywacji ekonomicznych. Z jednej strony niezbędne jest ulepszenie systemów opłat z tytułu korzystania z zasobów środowiska przez przemysł, jak i progresywnych sankcji finansowych z tytułu powodowania degradacji środowiska.

Istotniejszą rolę winna odgrywać sfera prokreacyjnego stymulowania środków własnych przedsiębiorstw na rozwój specjalistycznego potencjału wykonawczego, produkcji urządzeń mechanicznych i aparatury kontrolno-pomiarowej oraz podejmowania aktywnych działań inwestycyjnych i pozainwestycyjnych służących ochronie środowiska. Zgodnie ze stanowiskiem Urzędu Ochrony

Środowiska i Gospodarki Wodnej (obecnie: Ministerstwo Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych) konieczne są zmiany obecnie obowiązujących przepisów w zakresie:

- podatku od nieruchomości,
- podatku dochodowego,
- obciążeń na rzecz PFAZ,
- dystrybucji amortyzacji,
- kredytowania działalności inwestycyjnej i eksploatacyjnej jednostek uspołecznionych,
- opłat i kar z tytułu gospodarczego korzystania ze środowiska,
- dotacji dla przemysłu wydobywczego i eneogetyki,
- metodologii rachunku sozo-ekonomicznego,
- planowania ekologicznego na szczeblu jednostek gospodarczych,
- systemu finansowania przedsiębiorstw,
- organizacji służb ochrony środowiska na szczeblu jednostek gospodarczych.

POSTULATY I WNIOŠKI

Przedstawione w poprzednich rozdziałach rozważania wskazują na konieczność podjęcia szeregu działań w kierunku uzyskania poprawy stanu środowiska jako niezbędnego czynnika dalszego rozwoju społeczno-gospodarczego kraju. Ocenia się, że w naszych warunkach poprawę tę można będzie osiągnąć dopiero po 1995 roku.

Kryzys ekonomiczny w latach 1980-1981 złagodził nieco tempo degradacji, jednak ostatnie lata charakteryzują się dalszym wzrostem zanieczyszczeń zrzućanych do środowiska. Należy więc opracować i wprowadzić w życie program przewidujący powstrzymanie wzrostu emisji gazowych i wielkości ładunków ścieków. Postuluje się uzyskanie równowagi w tym względie najdalej do 1995 roku.

W drugim etapie, po 1995 roku należy osiągnąć zmniejszenie emisji gazowych, pyłowych i wielkości ścieków. Zatem dopiero wtedy można by uzyskać etap stabilizacji gospodarki kraju oparty na zasadach ekorozwoju. Byłby to okres poszanowania zasobów przyrody i racjonalnego ich wykorzystania. W okresie tym należałoby uzyskać wymierną poprawę jakości życia. Polegałaby ona przede wszystkim na likwidacji zagrożeń zdrowia i życia człowieka.

Osiągnięcie przedstawionego programu wymaga podjęcia od zaraz konkretnych działań, a szczególnie w zakresie budowy oczyszczalni ścieków i wprowadzania technologii przemysłowych zapewniających ograniczenia emisji gazowych, a szczególnie SO₂. Biorąc pod uwagę brak wdrożonych technologii, ograniczających emisję SO₂, zakłada się aż dziesięcioletni okres na opanowanie tych procesów w skali przemysłowej. Dla uzyskania tego celu wymienić można siedem głównych zadań.

Przy obliczaniu majątku narodowego nie brano dotychczas pod uwagę wartości jakie stanowią zasoby przyrody. Wpływało to z teorii mówiącej, że zasoby przyrody nie mają wartości, a nabywają ją jedynie przez pracę człowieka włożoną w ich udostępnienie. Taki tok rozumowania prowadzi do nieprawidłowej oceny wartości zasobów i otwiera drogę do rozrzutnej gospodarki dobrami przyrody.

Konieczne jest więc wprowadzenie nowych zasad w ekonomicznej ocenie zasobów przyrody. Jako przykład można wymienić potrzebę przyjęcia rachunku opartego na rachunku renty górniczej. W wielu krajach obozu socjalistycznego, a szczególnie w Związku Radzieckim, przedstawiono w ostatnich latach wiele opracowań zmierzających do zmodyfikowania dotychczasowych założeń ekonomicznych. W naszych warunkach szczególnie pilna jest konieczność odejścia od podziału całej strefy gospodarczej na zagadnienia produkcyjne (ekonomiczne) i pozaprodukcyjne (pozaekonomiczne). Zaliczanie problemy środowiska przyrodniczego do zagadnień pozaekonomicznych uniemożliwia ocenę zysków i strat, i umożliwia beztroskie zanieczyszczanie środowiska przyrodniczego.

WZMOŻENIE PRAC NAD RESTRUKTURALIZACJĄ PRZEMYSŁU

Czynnikiem, jaki może doprowadzić do przełamania kryzysu ekonomicznego jest podjęcie intensywnych prac nad przebudową obecnej struktury przemysłu. Dotyczy to szczególnie energochłonności i materiałochłonności przemysłu, jak i poszczególnych wyrobów. Wprowadzenie nowych technologii winno być specjalnie preferowane i dotowane. Tymczasem ostatnio obserwujemy spadek zainteresowania nową myślą techniczną, a szczególnie racjonalizacją i wynalazczością. Kontynuowanie produkcji przy stosowaniu starych technologii (często jeszcze XIX wiecznych) musi prowadzić do osiągania niskich wyników ekonomicznych i znacznego skażenia środowiska. W obecnej sytuacji przekroczonego zagrożenia ekologicznego jest to wyjątkowo groźne i niebezpieczne.

Kraje zużywające wiele energii i surowców łatwiej podlegają kryzysom i wpadają w ekonomiczne kłopoty. Państwa opierające swą gospodarkę głównie na eksporcie surowców przechodzą od kilku lat głębokie trudności. Z tych też względów kraje RWPG ustaliły pięć perspektywicznych kierunków rozwoju. Są to: elektronika, automatyzacja procesów produkcji, energetyka jądrowa, biotechnologia i komputeryzacja gospodarki. Problem ten omawiany był ostatnio na pierwszym posiedzeniu Komitetu d/s Nauki i Postępu Technicznego w dniu 1 marca 1985 roku. Przyjęcie tych kierunków przez Komitet wskazuje na konieczność odejścia od dotychczasowych preferencji dla inwestycji przemysłu wydobywczo-energetycznego.

WPROWADZENIE DO REFORMY GOSPODARCEJ BODŹCÓW SPRZYJAJĄCYCH OCHRONIE ŚRODOWISKA

Wprowadzona obecnie reforma gospodarcza zwiększa destrukcyjne oddziaływanie przemysłu na środowisko przyrodnicze. Przedsiębiorstwa w pogoni za zyskiem zwiększają presję na pozyskiwanie zasobów przyrody (np. w górnictwie). Eksploatacja zasobów przyrody odbywa się często w sposób rabunkowy, gdyż przedsiębiorstwom nie opłaca się stosować metod racjonalnej gospodarki złożem. Przedsiębiorstwa przy tym nie są zainteresowane w stosowaniu wymogów ochrony środowiska. Z tego względu, po wprowadzeniu reformy zmniejszyła się np. liczba zamówień na urządzenia oczyszczające powietrze i ścieki.

Wymienione mechanizmy zwiększają degradację środowiska przyrodniczego. Konieczne jest zatem wprowadzenie takich mechanizmów, które zachęcałyby przedsiębiorstwa do oszczędnej gospodarki zasobami przyrody i ograniczenia do minimum ilości zanieczyszczeń zrzuconych do środowiska. Jest to podstawowy warunek osiągnięcia poprawy stanu środowiska przyrodniczego.

WPROWADZENIE ZASADY LICZENIA "ZYSKÓW I STRAT" PRZY PLANOWANIU NOWYCH ZAMIERZEŃ GOSPODARCZYCH. WYKONYWANIE "OCEN WPŁYWU INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO" (METODA OWS)

W Polsce nie wprowadzono dotychczas obowiązku wykonywania oceny wpływu inwestycji na środowisko (OWS) oraz rachunku przewidywanych zysków i strat.

Metoda "Ocena wpływu inwestycji na środowisko" (OWS) opracowana została w latach siedemdziesiątych w USA i dostosowana do naszych warunków w Instytucie Kształtowania Środowiska. Metoda ta pozwala na ocenę negatywnych skutków w środowisku i określenie wariantów najlepszych rozwiązań przestrzennych i technologicznych. Metoda OWS powinna stanowić integralną część założeń techniczno-ekonomicznych (ZTE). Dotychczas jednak nie ma zalecenia stosowania metody OWS. Co więcej, biura projektów wykonujące nawet największe inwestycje w kraju najczęściej nawet nie wiedzą o istnieniu takiej metody.

Po przeprowadzeniu analizy metodą OWS konieczne jest sporządzenie rachunku przewidywanych zysków i strat. Rachunki takie nie są w Polsce przeprowadzane. Nie jest również dopracowana metodologia wykonywania takich rachunków ze względu na obowiązujące ogólne koncepcje nauk ekonomicznych.

ULEPSZENIE SYSTEMU ZARZĄDZANIA ŚRODOWISKIEM PRZYRODNICZYM

System zarządzania środowiska przyrodniczego był w Polsce wyjątkowo niespójny i mało skuteczny. Liczne reorganizacje w administracji doprowadziły do osłabienia bądź całkowitej likwidacji poszczególnych ogniw zarządzania. Tak np. przez 10 lat (1972-1982) w Polsce nie było centralnego

organu zajmującego się gospodarką wodną. Ostatnia reorganizacja urzędów zajmujących się tymi zagadnieniami, przeprowadzona w 1983 roku, doprowadziła do powołania Ministerstwa Ochrony Środowiska i Zasobów Naturalnych. Resort ten nie przejął jednak całokształtu problematyki ochrony przyrody (np. parków narodowych) i zagadnień związanych z ochroną Bałtyku. Istnieje więc pilna potrzeba opracowania długofalowych założeń, określających zasady gospodarki zasobami przyrody i pożądany stan środowiska przyrodniczego, a tym samym środowiska życia człowieka.

Opracowany w listopadzie 1984 roku przez Urząd Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej "Krajowy program ochrony środowiska do 1990 roku" nie może być uznany za pełny i zadowalający. Program ten nie przewiduje bowiem środków finansowych i działań organizacyjnych mogących doprowadzić do zahamowania postępującej degradacji środowiska przyrodniczego. Konieczne jest przeto podjęcie prac nad Narodowym Programem Ochrony Środowiska, który przedstawiłby w sposób kompleksowy zadania państwa w dziedzinie ochrony środowiska i gospodarki wodnej.

PRZESTRZEGANIE PRAWA W ZAKRESIE OCHRONY ŚRODOWISKA

Podstawowym warunkiem zahamowania postępującej degradacji środowiska jest bezwzględne przestrzeganie obowiązujących norm prawnych. Dotyczy to szczególnie zanieczyszczania powietrza i wody. Doświadczenia wielu krajów europejskich wykazały, że możliwe jest opanowanie w stosunkowo krótkim czasie ponadnormatywnych emisji gazowych, pyłowych i ciekłych.

Należy więc m.in. odejść od powszechnej praktyki zwalniania zakładów przemysłowych z opłat i kar z tytułu użytkowania środowiska, emisji zanieczyszczeń, składowania odpadów itp.

Należy również uzupełnić luki w rozporządzeniach wykonawczych do obowiązujących ustaw. Jako przykład można wymienić problemy nie mające szczegółowych rozwiązań prawnych:

- ochrona krajobrazu,
- ochrona wód podziemnych,
- ochrona złóż surowców mineralnych,
- ochrona powierzchni ziemi,
- ochrona gleby.

Egzekwowanie prawa winno być realizowane z całą konsekwencją przez organa NIK i prokuratury. Dotychczas postępowania w sprawie przekroczeń w zakresie ochrony środowiska były najczęściej umiarkowane. Konieczna jest również rozbudowa, wzmocnienie i usamodzielnienie Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska. Dotychczas Inspekcja nie wykorzystuje w pełni przysługujących jej uprawnień.

ZMIANA NASTAWIENIA SPOŁECZEŃSTWA DO ZAGADNIEŃ OCHRONY ŚRODOWISKA

Realizacja przedstawionych postulatów i wniosków może być skuteczna o ile uzyska odpowiednią akceptację społeczeństwa, która — w pierwszym rzędzie — uzależniona jest od stanu świadomości społecznej w dziedzinie ochrony przyrody i gospodarki jej zasobami. Stan tej świadomości jest obecnie bardzo niski. Jest to przyczyną powstawania wielu zniszczeń i degradacji środowiska przez: zanieczyszczanie zbiorników wody i potoków, wywożenie śmieci do lasu itp.

Można wskazać dwie główne przyczyny braku świadomości ekologicznej. Po pierwsze, programy nauczania w szkolnictwie niższym, średnim i wyższym są złe; młodzież nie otrzymuje odpowiedniego przygotowania w zakresie rozumienia potrzeby ochrony zasobów przyrody i prawidłowej nimi gospodarki. Po drugie, środki masowego przekazu (a szczególnie radio i telewizja) w niedostateczny sposób wpływają na formowanie się prawidłowego, społecznego stosunku do przyrody.

Konieczne jest więc stworzenie i realizowanie długoterminowego programu edukacji narodowej, mające na celu formowanie prawidłowych postaw w relacji człowiek-przyroda.

LITERATURA

1. Białobok S. — *Wpływ dwutlenku siarki i kwaśnego deszczu na produkcję roślin uprawnych*. PIWRiL (W druku).
2. Bielakowski J., Żurek J. — *Gospodarowanie zasobami wodnymi w dorzeczu Wisły*. W: *Gospodarka zasobami przyrody*. Studia KPZK, t. 85, PWE, 1984.
3. Borkowska E., Stachurka-Geller M. — *Ekonomiczne instrumenty środowiska według założeń reformy gospodarczej*. W: *Ekonomiczne i społeczne problemy ochrony środowiska*. SGPiS, Warszawa, 1985.
4. Dojlido J. R., Wojciechowska J. — *Zmiany jakości wód powierzchniowych w Polsce w ciągu ostatniego pół wieku*. Gosp. Wodna, nr 1-2: 39-44, 1985.
5. Janikowski R., Starzewska A. — *Straty gospodarcze i społeczne wynikające z zanieczyszczenia środowiska*. Inst. Kształt. Środow., Warszawa, 1983.
6. Kaczmarek Z. — *Zasoby wodne Polski i zasady ich racjonalnego użytkowania*. Nauka Polska, nr 8: 43-54, 1978.
7. Kapała J. — *Ocena jakości powietrza w woj. katowickim*. PAN, Oddział w Katowicach, 1983.
8. Kleczkowski A. — *Ocena gospodarki wodą*. W: *Gospodarka zasobami przyrody*. Studia KPZK, t. 85, PWE, Warszawa, 1984.
9. Kozłowski S. — *Przyrodnicze uwarunkowania gospodarki przestrzennej Polski*. Wszechnica PAN, Ossolineum, Wrocław, 1983.
10. Kozłowski S. — *Gospodarka zasobami przyrody*. Wczoraj-Dziś-Jutro. Studia KPZK, t. 85, PWE, Warszawa, 1984.
11. Marchwińska E. i wsp. — *Wpływ zanieczyszczenia środowiska na wybrane rośliny jadalne i paszowe uprawiane w woj. katowickim*. Inst. Kształt. Środow., Warszawa, 1982.

12. Meadows D. M., Meadows D. L., Randers J., Behrens III W. W. — *Granice wzrostu*. PWE, Warszawa, 1973.
13. *Ochrona środowiska i gospodarka wodna 1983*. Opracowanie statystyczne, GUS, 1983.
14. Praca zbiorowa — *Ocena stanu środowiska w Polsce 1980*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 1981.
15. Praca zbiorowa pod red. S. Kozłowskiego — *Gospodarka zasobami przyrody*. Kom. Przestrzennego Zagosp. Kraju PAN. Studia, t. 85, 1984.
16. *Przegląd literatury prognostycznej*. Komitet Badań i Prognoz "Polska 2000", 1 VIII 1982.
17. Przestrzenna diagnoza ochrony środowiska w Polsce. Studia KPZK, t. 89. PWE, Warszawa, 1985
18. Rejman M., Truszkowska R. — *Metody oceny wpływu przemysłu paliwowo-energetycznego na środowisko przyrodnicze*. PAN, Prace i Studia 28, 1985.
19. • Szczęsny T. — *Światowa strategia ochrony*. Kosmos, 1981.
20. Zagrzejewski J. — *Producenci i eksporterzy dwutlenku siarki*. Przegl. Techn., nr 35, 1983.

ZJAWISKO KWAŚNYCH DESZCZÓW

Stosunkowo późno doceniono groźne dla szaty roślinnej działanie kwaśnych opadów atmosferycznych. W pierwszym rzędzie zwrócono uwagę na ich szkodliwy wpływ na lasy iglaste, ze względu na łatwe do zaobserwowania zamieranie igieł, zmniejszenie się przyrostu drzew jak też stopniowe zamieranie borów świerkowych i sosnowych w Europie i Ameryce Północnej.

Skutki zwiększenia się kwasowości opadów atmosferycznych i szkodliwy ich wpływ na zespoły leśne, glebę i zbiorniki wodne były po raz pierwszy określone i ogłoszone w formie raportu rządowego w Norwegii w 1967 roku [13]. Ale sieć pomiarowa pH kwaśnych opadów atmosferycznych została zorganizowana wcześniej: w Szwecji w 1948 roku w innych krajach Skandynawskich w latach 1952-1954, w ZSRR w 1958 roku a w Polsce w 1964 roku [13].

Z danych podanych przez Chudzyńską za Hryniewicz [2] Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej bada kwasowość opadów w dwu głównych stacjach meteorologicznych znajdujących się w Suwałkach (od 10 lat) i na Śnieżce w obszarze silnie zanieczyszczonym (od 4 lat). Według Kasiny [8] badania opadów atmosferycznych w rejonie Krakowa podjęto w 1974 roku, a w latach 1975-1979 były one rozszerzone na znaczną część doliny Wisły oraz w punktach kontrolnych w Tatrach i w lubelskiem. Chojnacki [1] zorganizował badania zawartości siarki w opadach na obszarze Polski w latach 1966-1967, głównie dla potrzeb rolniczych.

Blizsza analiza wpływu kwaśnych opadów atmosferycznych na środowisko przyrodnicze, podawana w różnego rodzaju raportach, wskazywała na jak wiele składników środowiska działają one szkodliwie. Pod ich wpływem powstają poważne zmiany w działaniu ekosystemów naturalnych i agroekosystemów. Postępuje szybko erozja gleb. Zamiera życie w zbiornikach i ciekach wodnych. Wymierają lub zmieniają swoje cykle aktywności życiowej niektóre mikroorganizmy, rośliny i zwierzęta. Głębszym zmianom ulegają procesy metaboliczne w roślinach.

Duże znaczenie dla zwiększenia naukowego zainteresowania biologicznymi skutkami tego zjawiska miało "Pierwsze międzynarodowe sympozjum poświęcone wpływowi kwaśnych opadów atmosferycznych na środowisko leśne" (The first international symposium on acid precipitation and the forest ecosystems), które odbyło się w 1975 roku w Columbus, Ohio USA. Odegrało ono dużą rolę w upowszechnieniu badań i znajomości ich wpływu

na leśne zbiorowiska roślinne. Ostatnio, ze względu na wystąpienie procesu zamierania lasów w Europie zachodniej i środkowej, które przypisuje się według wielu badaczy kwaśnym deszczom podjęto gruntowne badania nad tym zjawiskiem, szczególnie w RFN.

POWSTAWIANIE KWAŚNYCH OPADÓW

Zakwaszenie opadów atmosferycznych przez zanieczyszczenia przemysłowe powietrza to temat rozległych badań. Podstawowymi związkami najpowszechniej występującymi w zanieczyszczeniach przemysłowych, z których tworzą się kwaśne opady atmosferyczne w warunkach naszego kraju są SO_2 i NO_x . Tworzą się one w wyniku spalania paliw stałych lub ciekłych zawierających

Tabela 1

Typowy skład wody deszczowej w południowej Szwecji w połowie 1970 roku [14]

Jony	Stężenie w mikrorównoważnikach na litr
H^+	52
SO_4^{2-}	70
NO_3^-	31
NH_4^+	31
Cl^-	18
Na^+	15
Ca^{2+}	14
Mg^{2+}	8
K^+	3

niekiedy znaczne ilości siarki. Zawartość jej w naszych węglach kamiennych waha się od 0,7 do 3,0% sporadycznie 7%, w węglach brunatnych od 0,6 do 1,2% a w ropie naftowej od 0,5 do 3,0% [15].

W Skandynawii udział H_2SO_4 w zakwaszeniu środowiska wynosi ok. 70%, gdy natomiast HNO_3 tylko w 30% [14]. Tworzenie się kwaśnych opadów atmosferycznych według Vermeulen [20] wyjaśniają następujące reakcje chemiczne jakie przebiegają w powietrzu:

- 1) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$
 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$
- 2) $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$
 $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
- 3) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{NO} + 2\text{H}^+$
- 4) $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$
 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{NO} + 2\text{H}^+$
- 5) $2\text{NO}_2 + \text{O}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_5 + \text{O}_2$
 $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+$
- 6) $4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+$

Szybkość przebiegu reakcji jak też ilościowy stosunek powstałych poszczególnych związków w powietrzu będących wynikiem tych reakcji zależy od składu chemicznego powietrza zanieczyszczonego produktami emisji i ich stężenia. Reakcje te mogą trwać w atmosferze od kilku minut do wielu godzin [20]. Skład chemiczny kwaśnych opadów deszczowych jest nader złożony, jak widać to z badań wykonanych w południowej Szwecji [14], (tab. 1).

ZACHOWANIE SIĘ I ROZPRZESTRZENIANIE ZANIECZYSZCZEŃ PRZEMYSŁOWYCH W POWIETRZU

Stężenie SO_2 i NO_x w atmosferze na półkuli północnej jest największe w zimie a najmniejsze w lecie. Sezonowe i dobowe stężenia tych związków w powietrzu mogą ulegać znacznym wahaniom w zależności od pogody i oddalenia od źródeł emisji. W lecie cząsteczki gazów SO_2 i NO_x szybciej niż zimą ulegają rozproszeniu. Łączą się z cząsteczkami pyłów, zostają utlenione lub łączą się z innymi substancjami gazowymi [12]. W pobliżu źródła emisji SO_2 i NO_x opadają na ziemię oddziałując bezpośrednio szkodliwie na środowisko w formie suchej (dry deposition). Im dłużej cząsteczki SO_2 i NO_x pozostają w powietrzu i są transportowane na dalsze odległości, tym większe ich ilości są utleniane do H_2SO_4 i HNO_3 i przez połączenie z wodą w powietrzu ulegają dysocjacji elektrolitycznej. Pewna ich ilość jest neutralizowana przez związki amonowe lub składniki pyłów, jak np. związki wapnia. Powstałe na skutek dysocjacji jony SO_4^{2-} , NO_3^- i jony wodorowe H^+ dostają się z opadami atmosferycznymi na ziemię i wtedy zachodzi zjawisko osadzania w formie mokrej — wet deposition [14].

Przykład osadzania się różnych ilości jonów siarczanowych i azotanowych oraz SO_2 w formie suchej i mokrej w zależności od źródeł emisji podane są w tabeli 2 i dotyczą Szwecji. Z danych tych wynika, że znacznie wyższy jest udział oddziaływania na środowisko tlenków siarki

Tabela 2

Przybliżone wartości rocznego osadzania jonów siarczanowych i azotanowych oraz dwutlenku siarki na koniec 1970 roku, wg Instytutu Meteorologicznego w Sztokholmie [14]

	Osadzanie w formie mokrej*		Osadzanie w formie suchej*	
	SO_4^{2-}	NO_3^-	SO_2	SO_4^{2-}
Szwecja południowa	1	0,35	0,6	0,1
Szwecja środkowa	0,6	0,2	0,3	0,1
Szwecja północna	0,3	0,07	0,06	0,03

* Jednostka: gramy siarki/azotu na m^2 na rok.

i tlenków azotu w formie mokrej niż suchej, co stwarza duże zagrożenie tej formy zanieczyszczeń powietrza dla szaty roślinnej.

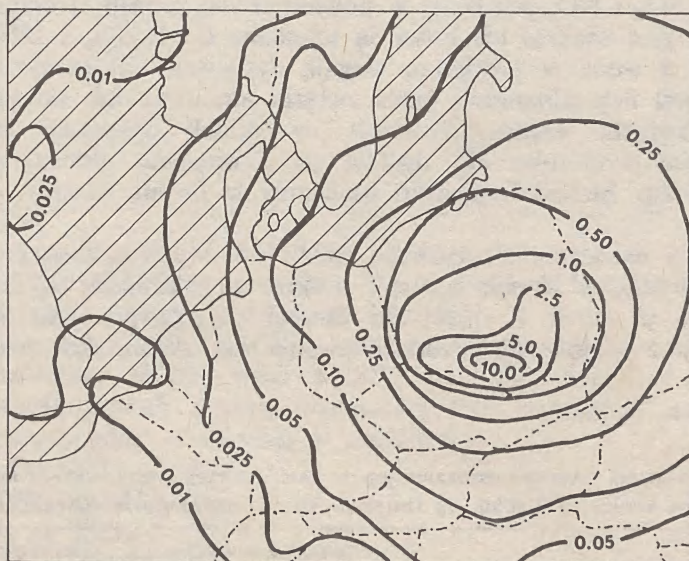
Tabela 3

Zmiany w stężeniu siarczanów i azotanów w opadach, w Szwecji południowej w różnych latach. Każda liczba jest średnią rocznej wartości z 5 lat [14]

Jony	1955-59	1960-64	1965-69	1970-74	1975-79
SO_4^{2-}	55	90	90	90	85
NO_3^-	15	20	25	35	40

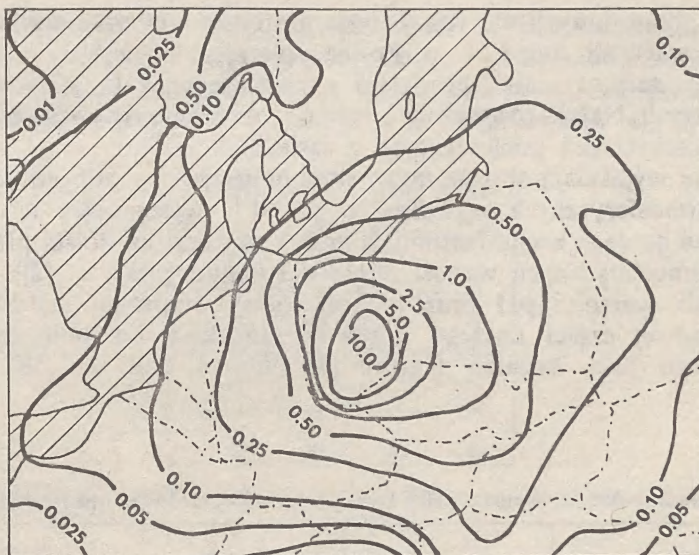
Jednostka: w mikrorównoważnikach na litr.

Rośnie coraz bardziej w zanieczyszczeniach powietrza udział tlenków azotu a maleje zawartość tlenków siarki. Wyraźnie to wynika z badań składu powietrza od 1955 do 1979 roku w południowej Skandynawii. Niepokojące jest również szybkie tempo wzrostu tlenków azotu w powietrzu [14], (tab. 3).

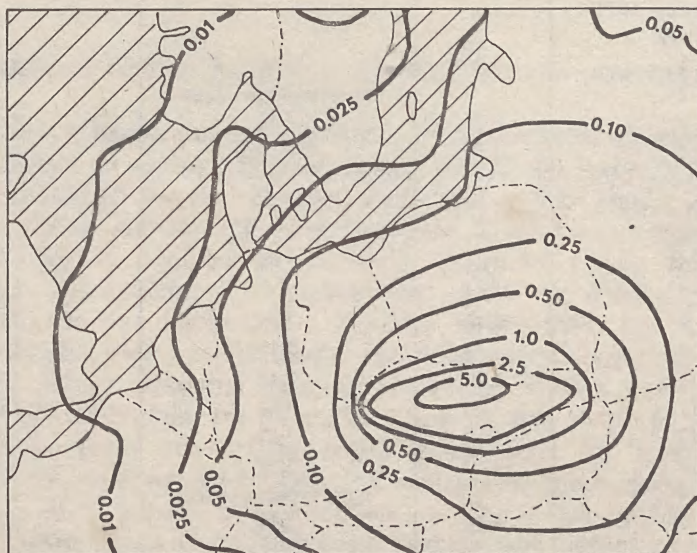


Rys. 1. Osadzanie się SO_2 pochodzącego z Polski w 1974 roku; sucha i mokra forma osadzania wyrażona w g S m^{-2} (OECD za [4])

Osadzanie SO_2 w formie suchej i mokrej w Polsce, szczególnie w jej południowych i południowo-zachodnich częściach, należy do największych w Europie. Rozkład ich wyrażony został dla 1974 roku na rys. 1, sporządzonym według danych OECD (Organisation for Economic Cooperation



Rys. 2. Osadzanie się SO_2 pochodzącego z NRD w 1974 roku; sucha i mokra forma osadzania wyrażona w g S m^{-2} (OECD za [4])



Rys. 3. Przykład osadzania się SO_2 pochodzącego z Czechosłowacji w 1974 roku; sucha i mokra forma osadzania wyrażona w g S m^{-2} (OECD za [4])

and Development 1979) za Godzikim [4]. Opady atmosferyczne w Polsce zależą głównie od zachodniej cyrkulacji powietrza, obec czego istnieje konieczność porównania danych NRD i CSRS (rys. 2, 3). Bowiem osadzanie siarki w Polsce z własnych źródeł wynosi 42% natomiast z obcych

52%, a z nieustalonych 6% [2]. Z tych powodów nie możemy rozpatrywać zjawiska kwaśnych deszczów w Polsce opierając się wyłącznie na danych dotyczących zanieczyszczeń powietrza pochodzących z krajowych zakładów przemysłowych. Należy również uwzględnić w tworzeniu się kwaśnych deszczów udział zanieczyszczeń pochodzących z sąsiednich krajów.

Dane te wyjaśniają w znacznym stopniu przyczyny silnego zakwaszenia opadów atmosferycznych w Polsce o pH 4.1, występujące na około 1/3 powierzchni naszego kraju. Natomiast na 2/3 powierzchni Polski pH kwaśnych opadów atmosferycznych wynosi około 4.3 (Chudzyńska za [2]).

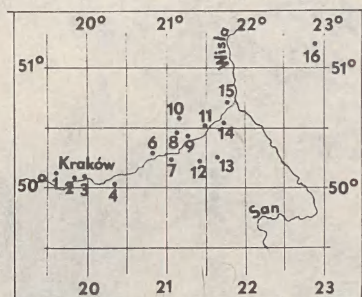
Wahania wartości pH oraz mokrej formy osadzania się SO_2 i NO_x w południowej części naszego kraju w zależności od położenia punktu pomiarowego dają badania Kasiny [8] (tab. 4, rys. 4). W większości

Tabela 4

Średnie roczne wartości pH i koncentracja siarczanów w opadach [8]

Stanowiska wg rys. 4	pH	Stężenie siarczanów, $\mu\text{g S} \cdot \text{cm}^{-3}$	Wilgotne osadzanie się, $\text{g} \cdot \text{S} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{y}^{-1}$
Obszar miasta			
Okres: kwiecień 1975			
-marzec 1979			
1	5,30	5,04	3,55
2		niekompletne dane	
3	5,25	5,76	2,97
4	5,10	4,30	2,77
Obszary wiejskie			
Okres: kwiecień 1975			
-marzec 1977			
6	4,64	2,98	1,78
7	4,65	2,40	1,48
8	4,40	2,35	1,22
9	4,85	2,91	1,73
10	4,50	2,41	1,20
11	4,95	3,01	1,40
12	4,30	2,67	1,61
13	4,50	2,59	1,79
14		niekompletne dane	
15	4,30	2,34	1,33
Okres: kwiecień 1977			
-marzec 1979			
16	4,92	1,56	0,80
Obszar górski			
Okres: kwiecień 1975			
-marzec 1979			
5	4,45	0,55	0,88

punktów obserwacyjnych większe stężenie siarczanów było stwierdzane w zimie, a kwasowość opadów atmosferycznych w mieście przemysłowym jest mniejsza niż w krajobrazie otwartym. Kasina [8] również stwierdził brak korelacji między rosnącą zawartością siarczanów a zwiększaniem się kwasowości



Rys. 4. Rozmieszczenie stacji, w których mierzono kwaśne opady w południowo-wschodniej Polsce [8]

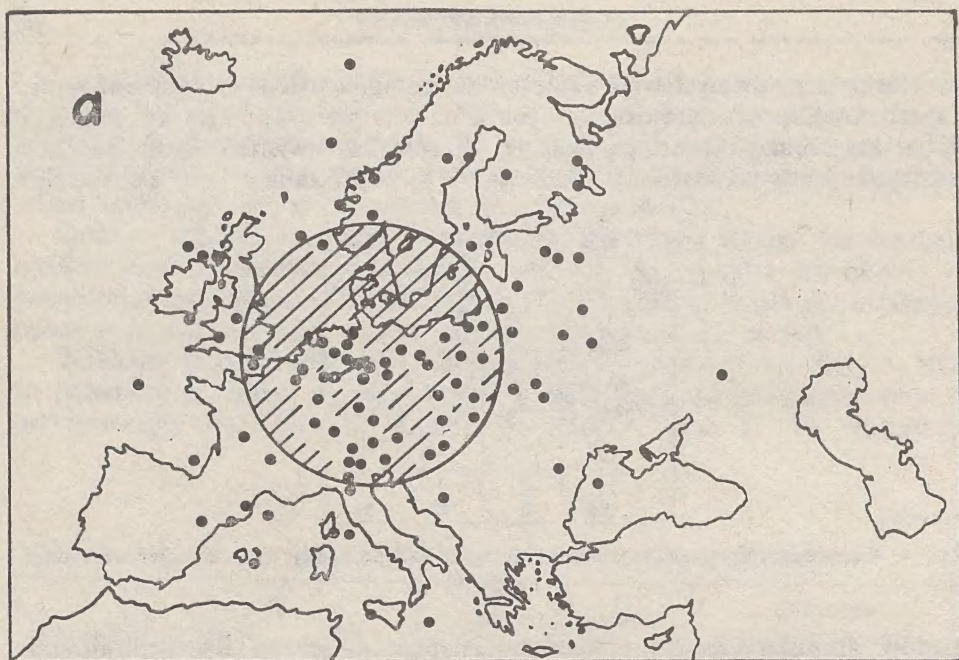
opadów atmosferycznych, ponieważ następuje częściowa ich neutralizacja przez związki wapnia, które są składnikiem zapylenia atmosfery w tym regionie kraju.

TRANSPORT PONADGRANICZNY ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

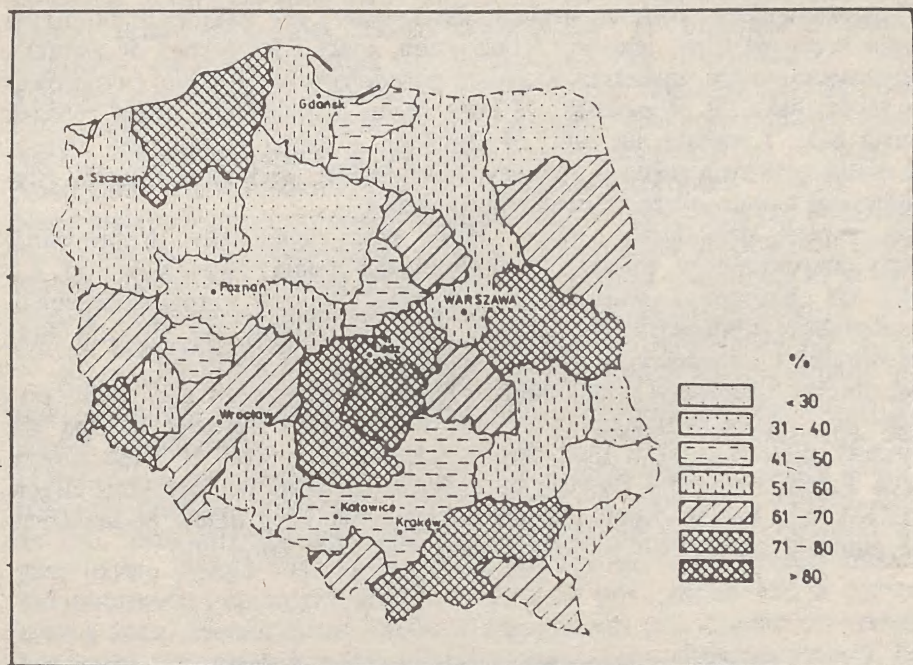
Przenoszenie substancji chemicznych mających znaczenie dla powstawania kwaśnego deszczu na dalsze odległości zależy głównie od warunków pogody, w których prędkość wiatru odgrywa decydującą rolę. Proces tworzenia się tych związków jak też ich rozmieszczenie w formie suchej i mokrej został omówiony w poprzednim rozdziale. Zachodzi przeto konieczność przedstawienia mechanizmów ich transportu, nawet na dalekie odległości. Najlepiej będzie można prześledzić to zjawisko na podstawie rys. 5a i b [14]. Na rys. 5a przedstawiony został obszar rozprzestrzenienia się zanieczyszczeń powietrza na skutek działania wiatrów najczęściej w kierunku północno-wschodnim lub wschodnim po 24 godzinach, a na rys. 5b po 60 godzinach od opuszczenia przez nie źródła emisji położonego na terenie RFN. Wielkość kół obrazujących zasięg rozprzestrzenienia się zanieczyszczeń powietrza po 24 i 60 godzinach jest dowodem na to, w jak szybkim tempie zwiększa się powierzchnia ich oddziaływania i przepływ w kierunku wschodnim.

Chudzyńska za Hryniewicz [2] podaje, że w Polsce przemysł emituje miesięcznie, w przeliczeniu na siarkę, 130 tys. ton zanieczyszczeń siarkowych z czego 56,5 tys. t zostaje w kraju, 38,6 tys. t przesyłamy na wschód, 9,5 tys. t do CSRS, 3,1 tys. t do Szwecji. Natomiast otrzymujemy z NRD 21,3 tys. t, a z CSRS 13,6 tys. t i z RFN 8,0 tys. t.

Zasięg oddziaływań zanieczyszczeń powietrza w naszym kraju i pH kwaśnych opadów atmosferycznych wiąże się również z wielkością powierzchni



Rys. 5. Przenoszenie zanieczyszczeń powietrza przez wiatr. Pozycje teoretycznie przyjętych „porcji powietrza” po 24 godzinach (a), po 60 godzinach (b), które jak się przyjmuje zostały wypuszczone w RFN. Obliczeń dokonywano co 3 dni w ciągu roku. Duże koło nakreślono wokół średniej pozycji wszystkich punktów i obejmuje ich 50%. Rodhe za [14]



Rys. 6. Procentowy udział powierzchni gleb w Polsce o pH 5.5 [16]

zakwaszonych gleb. Zagadnienie to przedstawił wyczerpująco Strzyszczyński [16]. Udział powierzchni gleb w Polsce o pH 5.6, wynoszący więcej niż 50% areалу gruntów w obrębie jednostek administracyjnych, występuje już w 17 województwach na 22 analizowanych w tej pracy. Dane te wskazują na to, jak groźne skutki dla produkcji żywności w naszym kraju może wywołać wysoki poziom kwasowości gleb (rys. 6).

WPLYW KWAŚNYCH OPADÓW NA SZATĘ ROŚLINNĄ

O szkodliwym wpływie kwaśnych deszczów na zbiorowiska leśne donosił po raz pierwszy w naszym kraju Łuczkiwicz [11], przytaczając równocześnie opinie zagranicznych badaczy na ten temat. Píše on o tym zjawisku w następujących słowach: "Opady i wilgotność powietrza wpływa również nie bardzo dodatnio na roślinę. Ściągają one zwykle kwaśne dymy na roślinność powodując znaczne ich skoncentrowanie wskutek czego niebezpieczeństwo uszkodzeń wzrasta choć koncentracje te nie szkodzą na szczęście tak intensywnie jak bezpośrednie działanie gazów np. SO_2 przy silnej insolacji". "Poza tym opady ściągają też na glebę znaczne ilości kwaśnych substancji bądź to spływając po strzale drzew bądź to spadając bezpośrednio. Dlatego też drzewa słabo ulistnione o korze gładkiej cierpią zwykle wskutek zatrucia kwaśnymi opadami."

Pierwsze naukowe badania stopnia zakwaszenia kory niektórych gatunków drzew i krzewów (lipy, jesionu, dębu, grabu, olszy i leszczyny), w związku z zanieczyszczeniami powietrza w Polsce południowo-wschodniej przeprowadziła Grodzińska [5]. Wysokość pH kory roślin drzewiastych miała związek z imisją SO_2 , i wahała się od 3,34 do 4,90, z czego najmniejszą kwasowość miała kora tych roślin w Puszczy Białowieskiej, większą w Puszczy Niepołomickiej, a największą w centrum Krakowa.

Na skutek działalności Nowej Huty kora dębu, lipy drobnolistnej i sosny zwyczajnej w Puszczy Niepołomickiej miała kwasowość od 2,2 do 4,7 pH. Różnice w wartościach pH miały związek z rozmieszczeniem w kompleksie zbiorowisk w Puszczy, co było zależne od stężenia SO_2 w jej obrębie i odległości od źródła emisji dwutlenku siarki [6].

W obrębie Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego kora dębu szypułkowego i sosny zwyczajnej w rejonie Lubina była bardziej kwaśna niż w Puszczy Białowieskiej, a była słabiej zakwaszona aniżeli w Krakowskim Okręgu Przemysłowego i Puszczy Kampinoskiej. Wartości pH kory drzew w LGOM były bliskie ocenie stopnia zakwaszenia kory drzew podawanych przez autorów szwedzkich w południowej części ich kraju [7].

ZETKNIĘCIE SIĘ KWAŚNYCH OPADÓW Z LIŚCIAMI

Ocena uszkodzeń liści roślin na otwartej przestrzeni przez kwaśne opady atmosferyczne jest bardzo utrudniona, ponieważ równocześnie z nimi działają na ich powierzchnię mieszaniny gazów, a sam proces uszkodzania komórek i tkanek liści jest bardzo złożony. Wobec czego w celach badawczych najpewniejsze wyniki charakteryzujące wpływ kwaśnych opadów atmosferycznych na liść otrzymuje się w warunkach kontrolowanych.

Kwaśne opady mają różną postać (deszcz, mżawka, mgła, śnieg) i zmienną częstotliwość, na skutek czego ich oddziaływanie na powierzchnię liścia jest zróżnicowane. Zależy ono również od gatunku rośliny, położenia liści, ich kształtu, chropowatości powierzchni i innych cech morfologicznych blaszki liściowej, które składają się na ich zdolność nawilgocenia (wetability). Na zdolność nawilgocenia liści wpływają przede wszystkim właściwości chemiczne i fizyczne wosków nabłonkowych a w mniejszym stopniu chropowatość powierzchni nabłonka (Martin i Juniper za [3]).

Kwaśny deszcz dostaje się do wnętrza liścia przez włoski, wyrostki skórki, hydatody i ewentualnie przez szparki (Schnepf za [3]). Zdolność nawilgacania powierzchni liści wyraźnie się zwiększa jeśli zostają usunięte substancje woskowe. Po przeanalizowaniu wyników badań nad przenikaniem kwaśnych opadów do liści stwierdzono, że zachodzi ono głównie przez nabłonek (kutykulę) a nie przez szparki. Budowa nabłonka jak też charakter warstwy wosków epikutylarnych decydują o tempie przenikania kwaśnych roztworów do liścia. Stwierdzono, że stosunek grubości warstwy kutykularnej do epikutylarnej ma wielki wpływ na przenikanie do wnętrza liścia

substancji polarnych (Martin i Juniper za [3]). W doświadczeniach z izolowanym nabłonkiem liści moreli stwierdzono, że przenikanie substancji kwaśnych zwiększa się wraz ze zwiększającą się kwasowością roztworu a przenikanie substancji zasadowych rośnie wraz ze zmniejszaniem się poziomu kwasowości roztworu (Orgell za [3]). Związki chemiczne przenikające do wnętrza liści mają wpływ na metaboliczne i niemetaliczne procesy, a ich przenikanie jest w nieokreślonym bliżej stopniu selektywne i zależne od przebiegu metabolicznych procesów zachodzących w komórkach [3]. Przepuszczalność nabłonka liści jest również zależna od warunków środowiska. Doświadczalnie stwierdzono również, że fitotoksyczne związki znajdujące się w kwaśnej wodzie deszczowej przenikają przez nabłonek liścia szybciej w pobliżu tkanek przewodzących i u podstawy trichomów i hydantodów [3].

Kwaśne opady atmosferyczne powodują charakterystyczne zmiany w submikroskopowej strukturze w warstwie woskowej nabłonka. Badania w mikroskopie skaningowym wykazały, że działanie sztucznego kwaśnego deszczu o pH 3,2 spowodowało na liściach fasoli szparagowej i dębu laurowego (*Quercus phellos*) zniszczenie powierzchniowych wosków i kutyny (Shriner za [3]). Przy pH 6,0 uszkodzenie liści było niewielkie. Paparozzi za [3] przy użyciu innego mikroskopu skaningowego nie zaobserwował zniszczenia kutykularnych i epikutykularnych wosków na powierzchni liści w przypadku brzozy żółtej (*Betula lutea*) i u fasoli szparagowej pod działaniem sztucznego kwaśnego deszczu o pH 2,8. Podając wynik tego doświadczenia z brzozą żółtą chciałbym wysunąć przypuszczenie, że liście rodzimej brzozy gruczołkowatej rosnącej w pobliżu zakładów przemysłowych w Polsce są z tych samych powodów co brzoza żółta bardziej tolerancyjne na uszkodzenia powodowane przez kwaśne opady atmosferyczne. Badań nad budową powierzchniowych warstw liści brzozy gruczołkowatej nie prowadzono. Powierzchnia liści pod wpływem kwaśnego deszczu zmienia swój skład chemiczny. Z drugiej jednak strony kwasowość deszczu może się również zmieniać na powierzchni liścia pod wpływem chemicznych związków liścia [3].

PRZENIKANIE SUBSTANCJI CHEMICZNYCH DO LIŚCIA

Z danych podanych w tabeli 1 wynika, że jak różnych związków chemicznych mogą się składać kwaśne deszcze. Interesujące jest przeto poznanie ich wpływu na roślinę i stwierdzenie jakie związki z kwaśnego deszczu przedostają się do wnętrza komórek, i jakie są tego następstwa. Zależy to w dużym stopniu od wartości pH. Siarczany np. przenikają do liścia szybciej przy pH 2,7 niż przy pH 5,7, chociaż jony $^{86}\text{Rb}^+$ przechodzą szybciej do liścia przy pH deszczu 5,7 niż przy niższym pH. Natomiast molekule wody przedostają się do liścia około tysiąc razy szybciej niż jony siarczanów (Evans i in. za [3]). Wobec czego Evans [3] przypuszcza, że przenikanie substancji rozpuszczonych w wodzie do liścia jest procesem selektywnym, który może być regulowany przez kwasowość opadów atmo-

sferycznych, metabolizm komórki i prawdopodobnie jeszcze inne czynniki. I chociaż różne jony mają swoją indywidualną zdolność przenikania do liści to jednak mogą tu oddziaływać jeszcze inne wewnętrzne i zewnętrzne czynniki [3].

WYMYWANIE SUBSTANCJI Z LIŚCI

Stopniowe działanie kwaśnych opadów deszczowych na powierzchnię liści i usunięcie z niej substancji ochronnych czyniło je bardziej dostępnymi na wymywanie pokarmów z komórek położonych w głębszych warstwach. Wykazały to badania Wood i Bormann (za [3]), którzy stwierdzili, że K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} były wymywane z liści fasoli Pinto szybciej przy pH 3,0 i 3,3 niż 4,0 i 5,0. Również jony wapnia były wymywane szybciej z liści klonu cukrowego przy pH 3,0 niż przy pH 3,3. Proces wymywania różnych związków chemicznych z liści po działaniu kwaśnego deszczu stwierdzono też przy użyciu izotopów. [3].

Według Evans [3] nie ma jednak obecnie danych, na podstawie których można by twierdzić, że kwaśne opady wymywają z liści substancje w takich ilościach, które by miały wyraźny wpływ na wzrost i produktywność roślin.

WIDOCZNE ŚLADY USZKODZEŃ

Pewne dane na ten temat można uzyskać z doświadczeń zakładanych w warunkach kontrolowanych. Kwaśne opady o pH 3,9 powodują uszkodzenie powierzchni liści. Evans i Lewin (za [3]) wykazali, że powierzchnia liści fasoli Pinto po jednym do czterokrotnego działaniu sztucznego kwaśnego deszczu o pH 3,0, 2,7, 2,5 i 2,3 były uszkodzane odpowiednio w około 0,5, 2-3, 5-10 i 10-15 procentach.

Uszkodzenie liści przez kwaśne opady były wyraźniejsze przed ich pełnym rozwojem. Chociaż u młodych liści jest większe zagęszczenie trichomów i szparek na jednostce powierzchni niż po osiągnięciu przez nie pełnego rozwoju, to jednak trudno się dopatrzeć w tym zjawisku pełnej zależności [3].

Interesujące są badania (Wood i Bormann za [3]) dotyczące stopnia uszkodzenia liści brzozy przez kwaśne opady atmosferyczne. Stwierdzili oni ich większą wrażliwość u siewek w wieku 14 dni niż u straszych sześciotygodniowych sadzonek. Jeśli wziąć pod uwagę wrażliwość roślin w ogóle na działanie kwaśnych opadów, to Evans [3] klasyfikuje je w zależności od stopnia widzialnych uszkodzeń liści w następującej kolejności od najwrażliwszych: rośliny zielne dwuliścienne, rośliny drzewiaste dwuliścienne, jednoliścienne i iglaste.

WPLYW KWAŚNYCH OPADÓW NA WEGETACJĘ ROŚLIN

Pośredni wpływ kwaśnych opadów atmosferycznych na rośliny wydaje się znacznie większy i groźniejszy w skutkach niż bezpośrednie ich dzia-

lanie na organa wegetatywne. Jak wykazały badania Evans [3] na *Phaseolus vulgaris*, oporność dyfuzyjna była mniejsza u liści będących pod działaniem sztucznego kwaśnego deszczu o pH 2,7-3,4 niż przy pH 5,7. Zjawisko to spowodowane działaniem kwaśnych opadów, jak przypuszcza Evans [3], ma związek z większą podatnością tych roślin na więdnienie.

KIELKOWANIE NASION I ROZWÓJ SIEWEK

Szkodliwy wpływ kwaśnych opadów atmosferycznych na nasiona roślin dziko rosnących oraz uprawnych ma doniosłe znaczenie dla egzystencji i działania ekosystemów naturalnych i plonowania roślin uprawnych. Mamy tutaj niewiele informacji i doświadczeń. W jednym z bardziej znanych doświadczeń Lee i Weber [9] poddali siewki 11 gatunków drzew działaniu sztucznego deszczu o pH 3,0, 3,5, 4,0 i 5,6. Ustalono wysokość opadu tygodniowo na 23 mm w ciągu 9 miesięcy. Objawy silniejszego uszkodzenia liści przez kwaśny deszcz, w stosunku do kontroli, miały siewki *Pinus strobus*, *Betula alleghaniensis*, *Juniperus virginiana* i *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*. Małe zagrożenie powodował opad kwaśnego deszczu dla siewek *Rhus typhina*, a w przypadku 7 gatunków drzew wyniki doświadczenia nie były statystycznie istotne.

Kwaśny deszcz ograniczał kielkowanie nasion *Rhus typhina*, natomiast stymulował kielkowanie nasion *Juniperus virginiana* i *Betula alleghaniensis*. Na ogół zdolność kielkowania nasion i wzrost młodych siewek nie były z sobą skorelowane. W przypadku daglezi zielonej wystąpiła zależność między zdolnością kielkowania nasion i zwiększającą się kwasowością deszczu, ale u *Caria ovata* i *Betula alleghaniensis* uwidoczniła się tendencja odwrotna.

W innym doświadczeniu Raynal i in. (za [3]) wykazali, że silniejsze zagrożenie dla kielkowania roślin stworzył kwaśny opad deszczu w przypadku *Betula alleghaniensis* i *Acer rubrum* przy niskim poziomie pH w porównaniu z kontrolą. Jednak siewki *Pinus strobus* były wyższe po działaniu kwaśnego deszczu, ale w przypadku *Acer saccharum* wyniki były nieistotne.

WPLYW NA PLONOWANIE ROŚLIN W WARUNKACH POLOWYCH

Oddziaływanie kwaśnych opadów atmosferycznych na produktywność roślin uprawnych w warunkach polowych jest trudne do ustalenia. Bówiem na plon roślin uprawnych ma wpływ wiele czynników środowiska, których reakcji na nie nie można w sposób prawidłowy kontrolować. Z konieczności przeto musi się używać do tego celu odpowiednich komór do prowadzenia doświadczeń ze sztucznym zraszaniem roślin kwaśnym deszczem o ustalonym pH.

W kilku doświadczeniach jakie opisuje Evans [3] używano różnych roślin uprawnych których przydatność do spożycia przez człowieka i wykorzystania

jako paszy dla zwierząt jest różnorodna. Ze względu na niejednakową metodykę doświadczeń wynikającą z braku dostatecznej ilości powtórzeń nie wszystkie wyniki były statystycznie istotne.

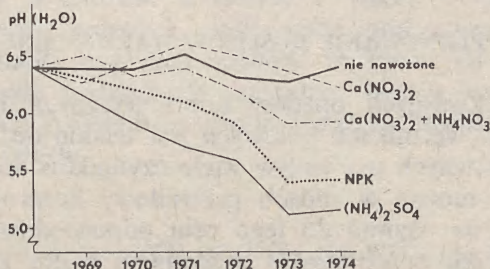
Buraki czerwone poddane działaniu sztucznego kwaśnego deszczu o pH 2,7, 3,1 i 4,0 dały plon odpowiednio niższy w wysokości 73%, 77% i 65% plonu korzeni będących pod wpływem działania deszczu o pH 5,7, który przyjęto jako kontrolę za 100%. Jednak w przypadku fasoli szparagowej i lucerny, na które działano deszczem o tej samej kwasowości w doświadczeniach prowadzonych w komorach nie otrzymano istotnych statystycznie wyników.

Kilka doświadczeń polowych założono również dla oceny wpływu kwaśnego deszczu na soję. Z niektórych doświadczeń wynika, że wpływ kwaśnego deszczu na soję został statystycznie udowodniony. W szczególności dotyczyło to jakości produktu. Jak informuje Evans [3] ogólna zawartość białka w nasionach soi pochodzących z roślin wystawionych na działanie sztucznego kwaśnego deszczu była mniejsza od kontrolowanych, na które działał deszcz o pH 5,6. Na ogół zawartość białek w nasionach pozyskanych z roślin poddanych działaniu kwaśnego deszczu była o 20% mniejsza od kontrolnych. Wyraźny ujemny wpływ kwaśnego deszczu na wartość użytkową nasion soi występował już przy pH 4,0 i poniżej tego poziomu.

Przyjmuje się w USA, że obniżenie plonu w 1979 roku chociażby o 1% ziarna sojowego w północno wschodniej części kraju przynosi stratę około 49,5 mln dolarów [3].

WPLYW NA GLEBĘ

Współczesne metody nawożenia roślin uprawnych wymagają stosowania nawozów sztucznych, które w zależności od ich składu chemicznego mają wpływ na stopniowe zakwaszanie się gleb. Persson [14] (rys. 7) daje przykład rozwoju tego procesu. W krótkim okresie pod wpływem nawożenia pH

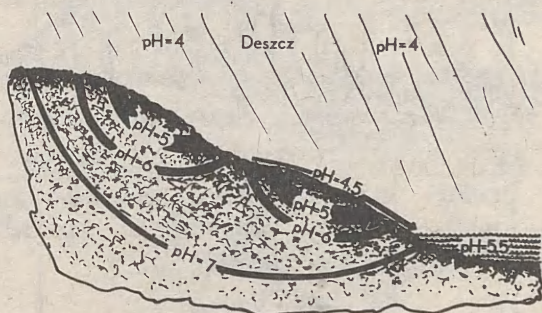


Rys. 7. Wpływ różnych nawozów mineralnych na stopień zakwaszenia gleby piaszczystej w Skane, Szwecja. Bertilsson za [14]

gleby zmieniło się w dużym zakresie. Gdy na gleby nawożone nawozami mineralnymi działają równocześnie kwaśne deszcze proces ich zakwaszenia postępuje bardzo szybko.

W przypadku gdy rolnictwo, jak np. w Polsce, wykorzystuje pod uprawę roślin w większości gleby piaszczyste, wtedy kwaśne deszcze w stosunkowo krótkim czasie zmniejszają ich możliwości produkcyjne. Jedynie prawidłowe wapnowanie może utrzymać ich możliwości produkcyjne i zahamować ujemne skutki kwaśnych opadów.

Wpływ kwaśnych deszczów na zakwaszenie gleby, wód gruntowych oraz zbiorników wodnych został bardzo plastycznie przedstawiony na rys. 8 [14], nie wymaga przeto bliższych objaśnień. Pozwala on na zrozumienie samego procesu zakwaszenia środowiska i wzajemnych zależności między wartością pH deszczu, gruntów, wód gruntowych i zbiornika wodnego.



Rys. 8. Zakwaszanie gleby i zbiorników wodnych przez kwaśny deszcz [14]

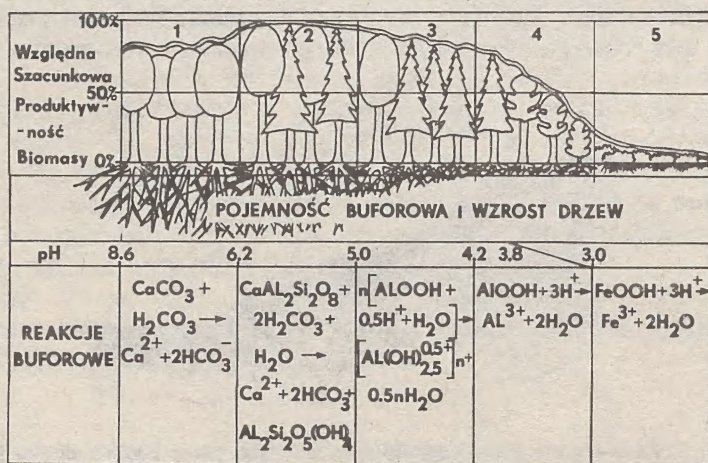
Badania wpływu zakwaszenia gleb leśnych zostały rozwinięte w związku ze wzrastającym niebezpieczeństwem zamierania lasu. Proces ten objął wielkie obszary Europy i zagroził w niektórych jej częściach istnieniu lasów i zmniejszył ich produktywność.

Badania wpływu zanieczyszczeń przemysłowych na przebieg procesów glebowych a zachodzących głównie pod wpływem zmiany jej kwasowości rozwinęły się znacznie później niż analizowanie reakcji roślin drzewiastych w zanieczyszczonym powietrzu. Otrzymano z tych badań niepokojące stwierdzenia, że szkodliwość skażenia gleb staje się groźniejsza dla życia drzew niż zanieczyszczenia powietrza, gdyż jest długotrwałe i niezwykle trudne do usunięcia. Przeto badania te stały się w niektórych ośrodkach badawczych zasadniczym problemem, gdyż w zatruciu gleb widzi się główną przyczynę zamierania lasów.

Zamieranie drzew z powodu skażenia gleb nie następowało tak szybko jak w przypadku bezpośrednich uszkodzeń liści przez kwaśne deszcze, ponieważ w glebie istnieją systemy, które opóźniają ich ujemne skutki dzięki istnieniu systemów buforujących. Systemów tych jest wiele, ale podam tylko niektóre, szerzej opisane przez Ulricha [17], a mianowicie:

1. Bufor węglanowy utrzymujący pH gleby w granicach 8,6-6,2 (rys. 9).

- Działa on w przypadku obfitości Ca^{2+} . (Zespół leśny naszkicowany schematycznie w działce 1, reprezentuje te warunki produkcji biomasy).
2. Bufor krzemianowy, który wpływa na utrzymanie odczynu gleby w granicach pH 6,2-5,0 (rys. 9, działka 2). Nie istnieje tu ograniczenie wzrostu drzew przez chemiczne czynniki glebowe. (Szkic schematyczny różnicowania drzew jak w działce 2).
 3. Bufor wymiany jonowej utrzymuje odczyn gleby w zakresie pH 5,0-4,2 (rys. 9, działka 3). Występuje tu zjawisko ograniczenia występowania nietolerancyjnych gatunków drzew, dzięki ograniczeniu możliwości ich wzrostu przez toksyczne jony glinu Al^{+3} i niedostatki wapnia.

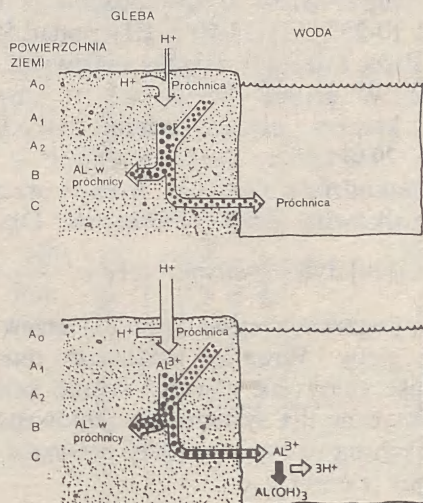


Rys. 9. Podział niektórych właściwości chemicznych gleb według reakcji buforów [17] (wybrano tylko niektóre właściwości)

4. Bufor glinowy ma zakres buforowania pH gleby od 4,2 do 3,8 niekiedy do 3,0 (rys. 9, działka 4). W tym zespole leśnym wszystkie gatunki drzew nie znajdują korzystnych warunków egzystencji przez szkodliwe działanie na systemy korzeniowe jonów Al^{+3} . Występuje też redukcja wzrostu gatunków drzew lubiących odczyn kwaśny, np. świerka, sosny.
5. Bufor żelazowy, utrzymuje odczyn gleby w granicach pH 3,8-3,0. W tym zespole roślinnym wiele gatunków drzewiastych jest wyeliminowanych przez toksyczne działanie jonów Al^{+3} , Fe^{+2} wymywanych też do głębszych warstw gleby. System korzeniowy rozwija się jedynie w wierzchniej warstwie próchnicznej [17].

Nie ma potrzeby w tym przeglądowym artykule szerzej omawiać działania buforów regulujących poziom pH w glebie, których zasadnicze związki z procesami glebowymi podane są na rys. 9 i załączonej tabeli. Ograniczę się jedynie do zwrócenia uwagi na rolę jonów Al^{+3} dla zespołów leśnych, gdyż jego szkodliwość wiąże się ze zjawiskiem kwaśnych opadów atmosferycznych. W Polsce mamy na niżu największe powierzchnie leśne na glebach

lekkich, w których podatność na wpływ kwaśnych opadów jest szczególnie niebezpieczna dla przeważających tu borów sosnowych i świerkowych. W tych glebach toksyczne działanie jonu Al^{+3} stwarza największe niebezpieczeństwo dla życia i funkcjonowania systemów korzeniowych drzew, a mechanizm wyzwalania się tych jonów przedstawia nader plastycznie rys. 10 [14]. Na glebach silnie kwaśnych, według Lityńskiego i Jurkowskiej [10], pojawiają się głównie trójwartościowe kationy kompleksowe, w których jony Al^{+3} związane są z drobiną wody $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$. Zmiany pH w glebie wpływają też na zmiany właściwości związków glinowych. Jony glinu występują w rozmaitych formach, a to w kompleksie sorbcyjnym jak i w roztworach glinowych — tworząc między sobą stan równowagi.



Rys. 10. Stan jonów glin w górnych warstwach gleby i podglebiu oraz w zbiorniku wodnym. U góry — w słabo kwaśnej glebie, a u dołu — w silnie kwaśnej. W drugim przypadku glin jest w formie ruchomej i przedostaje się do zbiorników wodnych [14]

Glin występuje w glebach w różnych frakcjach i jest określany przez badaczy jako: ruchomy, wymienny, rozpuszczalny aktywny i przyswajalny. Z badań Burgess (za [10]) wynika, że w glebach o pH poniżej 5.0 pojawia się glin rozpuszczalny, aktywny. Chociaż glin wymienny jak również rozpuszczalny, aktywny znajdują się w glebie w niewielkich ilościach w stosunku do jego ogólnej ilości, jednak te frakcje mają duże znaczenie dla roślin [10]. Stwierdzono znaczne różnice w wrażliwości roślin na glin nie tylko między gatunkami ale również i w populacjach w obrębie gatunków. Wielokrotnie stwierdzano szkodliwy wpływ glinu na rośliny, szczególnie gdy znajduje się on w nadmiarze. Wpływa on wtedy na ograniczenie wzrostu korzeni przez uszkodzanie ich stożków wzrostu, zmniejsza też liczbę drobnych korzonków mikoryzowych, wpływa ujemnie na tworzenie się organów generatywnych. Działa też szkodliwie na procesy metaboliczne, hamuje syntezę DNA i pro-

cesy oddychania, jak też zmniejsza pobieranie a niekiedy też transport oraz wykorzystanie składników pokarmowych [10, 18, 19].

Szkodliwość glinu dla systemu korzeniowego drzew związana jest z niedostatkim wapna w glebie. Dlatego też wartość stosunku Ca:Al w drobnych korzeniach jest przydatna do charakterystyki stopnia zagrożenia życia drzew przez silnie zakwaszoną glebę w wyniku działania kwaśnych opadów atmosferycznych. Wartość tego ilorazu może wahać się w granicach od >1 (wtedy uszkodzenie korzeni jest mało prawdopodobne) do 0,1, gdy wzrasta znaczenie toksycznego glinu ruchomego, który znajduje się w nadmiarze.

W celu zbadania zależności między stopniem zakwaszenia gleby, rozwojem systemów korzeniowych świerka i jego uszkodzeniem, Ulrich i in. [19] (tab. 5) wybrali 4 grupy drzew o uszkodzeniach igieł w następujących grupach: 0) do 10%, I) 10-25%, II) 25-50%, III) ponad 50%. Wyniki tych badań (tab. 5) wskazują na dużą zależność między martwymi, drobnymi korzeniami a uszkodzeniem igieł. W grupie drzew "0", o bardzo małym procencie drobnych uszkodzeń korzeni, ciężar korzeni żywych wynosi 2200 kg/ha na ogólną ich masę 2940 kg/ha. Gdy natomiast w grupie III, w której drzewa mają silnie uszkodzone korzenie, masa korzeni żywych liczy tylko 1100 kg/ha na ich całkowitą ilość 1770 kg/ha. Dla przykładu wybrano

z badań Ulricha i in. [19] tylko wartości pH i $\frac{\text{mol Ca}}{\text{mol Al}}$ z głębokości 40-60 cm jako wskaźniki pogarszającej się wegetacji drzew w związku z postępującym zakwaszeniem gleby. Wraz ze wzrostem masy martwych korzeni zwiększa się kwasowość gleby jak również rośnie zawartość glinu, którego niektóre frakcje są toksyczne dla systemu korzeniowego. Działanie kwaśnych opadów atmosferycznych na ekosystem leśny prowadzi do jego destabilizacji, której nie wiadomo jak zapobiegać.

ZAKWASZANIE ZBIORNIKÓW WODNYCH

Skutki osadzania się SO_2 i NO_x w środowisku wodnym są również groźne dla egzystencji ekosystemów. Proces ten na niektórych terenach kuli ziemskiej, jak np. w Skandynawii, Szkocji, RFN, północno wschodniej części USA i Kanady, nabiera już cech katastrofy ekologicznej. Zakwaszenie zbiorników wodnych jest szczególnie niebezpieczne dla jezior oligotroficznych.

Rozmiary tego zagrożenia widać na przykładzie Szwecji. Jest tam około 85000 zbiorników wodnych różnej wielkości. Z ilości tej ponad 18000 jest zakwaszonych, a spośród nich około 4000 ma bardzo zakwaszoną wodę. Jeszcze gorsza sytuacja istnieje w przypadku 10000 jezior w północnej Szwecji [14]. Stopień zakwaszenia wody decyduje o śmiertelności organizmów zwierzęcych i roślinnych. Zwiększona kwasowość zbiorników wodnych powoduje również zaburzenia cyklu rozwojowego zwierząt i zmniejszenie się ilości ich gatunków, jak też gatunków roślin.

Wiele jezior szwedzkich położonych głównie na obszarze leśnym ma również niski poziom pH , z powodu obecności w nich znacznej ilości kwaśnych

Tabela 5

Masa drobnych korzeni świerka (kg/ha) i procentowy ich udział w zależności od stopnia uszkodzenia igieł, pH gleb i $\frac{\text{mol Ca}}{\text{mol Al}}$ [19]

Grupy drzew	Liczba drzew	Korzenie				Parametry stopnia zakwaszenia gleby i korzeni	
		żyjące kg/ha	martwe, kg/ha	suma, kg/ha	udział korzeni żyjących w ogólnej ich masie w %	wartość $\frac{\text{mol Ca}}{\text{mol Al}}$ na głębokości 40—60 cm	pH (CaCl ₂) gleby na głębokości 40—60 cm
0	3 $\bar{x}$	2200	739	2940	75	10,3	4,9
1	3 $\bar{x}$	2200	1100	3320	67	4,9	4,4
2	3 $\bar{x}$	1800	1070	2870	62	2,6	4,2
3	3 $\bar{x}$	1100	667	1770	62	1,8	3,7

związków próchnicznych [14]. Powierzchnia wody silnie zakwaszonych zbiorników wodnych pokrywa się resztkami rozkładających się organizmów zwierzęcych i roślinnych a woda staje się nieprzejrzysta.

W procesie zakwaszania jezior Persson [14] wyróżnia 3 główne stadia: 1. W pierwszym stadium woda zakwaszona przez kwaśne opady może być neutralizowana przez kwaśny węglan w wyniku działania buforu węglanowego. Związki wapnia są wymywane z otoczenia do zbiorników wodnych (rys. 8). Nie jest jeszcze w tym stadium zauważalne zwiększanie się kwasowości wody, ale jednak stopniowo obniża się w wodzie zawartość związków wapnia i tym samym zmniejsza się aktywność buforowa czynna w tym okresie w ekosystemie. Nie zauważalne są też zmiany w biologii rozwoju zwierząt i roślin [14].

2. Drugi okres procesu zakwaszania zbiorników wodnych następuje gdy zawartość kwaśnego węglanu wapnia ulegnie dalszemu zmniejszeniu i osiągnie około 0,1 mikrorównoważnika na litr. Dopływ jonów H^+ z kwaśnego deszczu nie może być dłużej neutralizowany, szczególnie w okresie, gdy ulewne jesienne deszcze wprowadzają do zbiorników wodnych znaczne ilości zakwaszonej wody. W tym etapie zakwaszenia, gdy pH opada poniżej 5,5, następuje krytyczny okres dla życia zwierząt i roślin w jeziorze.

3. Okres trzeci, jako końcowy w zakwaszaniu wód zbiorników wodnych, charakteryzuje się dalszym spadkiem i ustabilizowaniem się pH na poziomie 4,5. Przeciw wzrastającej kwasowości wód uruchamiane są reakcje buforowania przez związki humusowe oraz glin. W wodzie o umiarkowanej kwasowości jony Al^{3+} funkcjonują jako kwasy i reagują z wodą według następującej reakcji: $Al^{3+} + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3H^+$. Jony H^+ zostają uwolnione w tym procesie. W związku z dalszym zakwaszaniem zbiornika wodnego, $Al(OH)_3$ ulega dysocjacji, wobec czego dalsze obniżenie się pH wody jest zahamowane, co przebiega według następującego schematu: $Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$ (rys. 10). W tym okresie zamiera zupełnie życie w zbiorniku wodnym, a powierzchnia jego pokryta jest rozkładającymi się częściami roślin i zwierząt.

W artykule tym nakreślony został ogólny opis zjawisk towarzyszących działaniu na rośliny i ekosystemy kwaśnych opadów atmosferycznych. Starałem się o kompleksowe przedstawienie wielu zjawisk wywoływanych w środowisku przez kwaśne opady atmosferyczne by jaśniej wystąpiły związki między zanieczyszczeniami powietrza a glebą. Chciałem też przedstawić zakres tego zjawiska nie tylko w naszym kraju, ale również w skali szerszej by podkreślić związek jaki istnieje między skażeniem środowiska u nas i w innych częściach Europy.

Usunięcie zagrożeń kwaśnych opadów atmosferycznych to nie tylko nasze zadanie ale również i naszych sąsiadów, ponieważ między sobą wymieniamy duże ilości skażeń działających na zdrowie ludzi i niszczących środowisko. W celu usunięcia tych zagrożeń wymagane jest rozwinięcie konkretnych, międzynarodowych akcji dla ochrony człowieka i zasobów przyrody, by utrzymać możliwość produkcji żywności na wysokim poziomie i stworzyć ludziom znośne warunki egzystencji.

LITERATURA

1. Chojnacki A. — Zawartość siarki w opadach atmosferycznych. *Siarka w biosferze*. PWRiL, Warszawa, str. 130-146, 1980.
2. Chudzyńska I. — Uleje usieczy. *Przegl. Techn.* 4: 12-13, 1985.
3. Evans L. S. — *Botanical aspects of acidic precipitation*. *Bot. Rev.* 50 (4): 449-490, 1984.
4. Godzik S. — *Air pollution problems in some central European countries — Czechoslovakia, the German Democratic Republic and Poland*. Tom 2. W: *Gaseous air pollutants and plant metabolism*. M. J. Koziol, F. R. Whatley (red.) Butterworth, London, str. 25-34, 1984.
5. Grodzińska K. — *Acidification of tree bark as a measure of air pollution in southern Poland*. *Bull. Acad. Pol. Sci. Cl. II* 19(3): 189-195, 1971.
6. Grodzińska K. — *Tree bark-sensitive biotest for environment*. *Environ. Internat.* 2: 173-176, 1979.
7. Grodzińska K. — *Bioindykacja skażeń środowiska Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego związkami siarki i metalami ciężkimi*. Komisja Nauk o Ziemi, Oddz. PAN Wrocław, str. 299-308, 1979.
8. Kasina S. — *On precipitation acidity in southeastern Poland*. *Atmosph. Environ.* 14: 1217-1221, 1980.
9. Lee J. J., Weber D. E. — *The effects of simulated acid rain on seedling emergence and growth of eleven woody species*. *Forest Sci.* 25(3): 393-398, 1979.
10. Lityński T., Jurkowska H. — *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN, Warszawa, 1982.
11. Łuczkiwicz W. — *Wpływ dymów fabrycznych na drzewostany*. *Sylwan*, Maj, XL: 103-106, 1922.
12. Maj U., Rejman-Czajkowska M. — *Zachowanie się związków siarki w atmosferze*. *Siarka w biosferze*. PWRiL, Warszawa, str. 125-130, 1980.
13. Oden S. — *The acidity problem — an outline of concepts*. *Proceedings of the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem*. USDA Forest Service, General Tech. Report NE-23: 1-36, 1976.
14. Persson G. (red.) — *Acidification today and tomorrow*. Ministry of Agr. Environment 82 Com., Stockholm, 1982.
15. Pietrus S. — *Sztuczne (antropogeniczne) źródła związków siarki w atmosferze*. *Siarka w biosferze*. PWRiL, Warszawa, str. 98-105, 1980.
16. Strzyszczyński Z. — *Anteil der H-Ionen an der Bodenversauerung in Polen*. *Aquilo Ser. Bot.* 19: 71-79, 1983.
17. Ulrich B. — *Stabilität von Waldökosystem unter dem Einfluss des "Sauren Regens"*. *All. Forst. Zeitschr.* 26/27: 670-677, 1983.
18. Ulrich B. — *Waldsterben durch saure Niederschläge*. *Die Umschau*, 11: 348-355, 1984.
19. Ulrich B., Pirouzpanach D., Murach D. — *Beziehungen zwischen Bodenversauerung und Wurzelentwicklung von Fichten mit unterschiedlich starken Schadsymptomen*. *Forstarchiv* 55(4): 127-134, 1984.
20. Vermeulen A. J. — *The acidic precipitation phenomenon. A study of this phenomenon and of a relationship between the acid contents of precipitation and the emission of sulfur dioxide and nitrogen oxides in the Netherlands*. T.Y. Toribara, M.W. Miller, P.E. Morrow (red.) W: *Polluted rain*. Plenum Press. New York-London, str. 7-60, 1979.

ZAGROŻENIE LASÓW

Wraz z rozwojem ludzkości rośnie znaczenie roli lasów i ich funkcji. Las jako źródło budulca, opału i żywności w postaci zwierzyny i owoców leśnych "żywił i przyodziewał" człowieka. Wraz z upływem lat i postępem cywilizacji zaczęto coraz głębiej i szerzej dostrzegać rolę lasów w oddziaływaniu na środowisko przyrodnicze i warunki życia. Znany jest istotny wpływ lasów na gospodarkę wodną, zapobieganie powodziom, erozji, lawinom i wiatrom. Dobroczynny jest wpływ lasów na gospodarkę rolną, czystość powietrza i wody. Lasy mają ogromny wpływ na warunki wypoczynku, regeneracji zdrowia, na walory estetyczne krajobrazu, a tym samym również na rozwój turystyki.

Przed tysiącem lat około 80% powierzchni Polski zajmowały lasy. Nasilające się osadnictwo i rozwój rolnictwa doprowadziły do stopniowej redukcji powierzchni leśnej do 37% w okresie rozbiorów. Gwałtowne zmniejszenie lesistości naszego kraju nastąpiło w dziewiętnastym wieku, a po II wojnie światowej powierzchnia lasów wynosiła już tylko 21%. Potężna akcja zalesień powojennych doprowadziła do wzrostu powierzchni lasów o 1/4, lecz zalesiono głównie nieużytki i słabe grunty porolne, a powstałe drzewostany mają w większości charakter monokultur.

Historyczne uwarunkowania spowodowały, że polskie lasy zajmują grunty najsłabsze, z glebami wytworzonymi z piasków o małym udziale składników odżywczych. Niekorzystną cechą naszych lasów jest zdecydowana przewaga monokultur iglastych założonych na przełomie dziewiętnastego i dwudziestego wieku.

Ekosystemy leśne ulegają stałym, różnorodnym zagrożeniom. Źródłem tych zagrożeń są anomalie klimatyczne, huragany, pożary, nadmierne opady lub długotrwałe susze, zmiany poziomu wód itp. Często jako zjawisko pochodne w stosunku do uprzednio wymienionych mają miejsce gradacje szkodników pierwotnych, dla których osłabiona odporność biologiczna lasów jest bardzo sprzyjającą okolicznością rozwoju.

W ostatnim okresie największe niebezpieczeństwo zagraża lasom ze strony różnorodnej działalności ludzkiej, czyli antropopresji. Górnictwo, gospodarka

komunalna, źle ukierunkowana turystyka, pożary leśne, inwestycje przemysłowe, motoryzacja powodują szkody w lasach; wiąże się one z rozwojem społeczno-gospodarczym kraju. I tak, wg inwentaryzacji przeprowadzonej w Polsce w 1983 roku ujęcia wody pociągały za sobą szkody w lasach na powierzchni 2230 ha, zrzuty ścieków na powierzchni 135 ha, wysypiska śmieci na powierzchni 242 ha, wylewy na powierzchni 887 ha, szkody turystyczne na powierzchni 3988 ha i inne przyczyny na 12 ha. Tak więc ten rodzaj szkód objął w naszym kraju ponad 7300 ha lasu.

Na skutek działalności górnictwa i innych gałęzi przemysłu, powstają w lasach bardzo znaczne szkody. Wg inwentaryzacji z 1983 roku szkody w lasach wynikające z zapadlisk i usuwisk pogórnicznych dotyczyły 4946 ha, w wyniku zawodnień 2440 ha, w wyniku przesuszeń 26265 ha, a inne przyczyny związane z przemysłem spowodowały szkody na powierzchni 682 ha.

Wśród różnych niebezpieczeństw najgroźniejsze dla ekosystemów leśnych są jednak zanieczyszczenia powietrza przez substancje gazowe i stałe.

W 1965 roku wydano do atmosfery na świecie 146 mln ton siarki, zaś w 1980 roku już około 196 mln ton. W dwudziestoleciu 1950-1970 ilość dwutlenku siarki emitowanego przez przemysł podwoiła się i zwiększa się nadal każdego roku o 2-3%. Pociąga to za sobą zakwaszenie deszczów. Drugim czynnikiem powodującym to zakwaszenie są tlenki azotu, których emisja w Europie wynosi około 6 mln ton rocznie i zwiększa się co roku aż o około 5%. Emisja siarki pochodzi w 70% ze spalania węgla, w 8% ze spalania ropy naftowej i jej produktów, w 21% z hutnictwa oraz w 1% z transportu (Massachusetts Institute of Technology). Choroby drzew w lasach miały miejsce od dawna i od dawna występowały również epidemie poszczególnych gatunków. Jednak jeszcze nigdy nie występowało obumieranie lasów, drzew i różnorodnych gatunków na taką skalę i w takim tempie prawie w całej Europie, na różnych siedliskach. Nauka dysponuje już dziś wystarczającymi dowodami aby stwierdzić, że główną przyczyną zamierania lasów są przemysłowe zanieczyszczenia powietrza.

W warunkach nasilającego się zagrożenia ze strony emisji przemysłowych lasy spełniają rolę bioindykacyjną, reprezentując stan faktycznego stopnia szkodliwości.

Na tle zróżnicowania odporności poszczególnych gatunków, zbiorowiska roślinne reagują w swoisty sposób na zanieczyszczenia powietrza przez zmianę produktywności i składu gatunkowego. Z kolei, jednocześnie z degradacją środowiska powstają halizny i zamieranie całych drzewostanów. Zamieraniu drzewostanów towarzyszy zahamowanie aktywności mikrobiologicznej w glebach leśnych. Zniekształcanie gleb dotyczy zmiany: zawartości pierwiastków śladowych, odczynu, materii organicznej i kompleksu sorbcyjnego. Tym i innym problemom związanym z działaniem skażeń przemysłowych na las poświęciła Międzynarodowa Unia Organizacji Badawczych (IUFRO), poczynając od 1957 roku 12 konferencji rozgraniczowanych w RFN, Austrii, Polsce, CSRS, Jugosławii, Finlandii i na Węgrzech. Konkluzje i wnioski z tych konferencji, mimo opublikowania, nie zostały zastosowane.

Główne masy dwutlenku siarki docierające do atmosfery pochodzą z następujących źródeł:

- elektrownie około 55%
- przemysł około 32%,
- gospodarstwa domowe i rzemiosło około 11%,
- transport około 2%.

Z danych GUS za 1983 rok wynika, że o zagrożeniu środowiska w kraju decyduje 98 największych zakładów przemysłowych emitujących 84% przemysłowych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Szkodliwą, lokalną rolę dla lasów spełniają wg danych OZLP 752 zakłady przemysłowe. Zanieczyszczenia gazowe były emitowane (wg danych za 1983 rok) w największym nasileniu na terenie województw:

- katowickiego 33,3% emisji kraju,
- miejskiego krakowskiego 11,2% emisji kraju,
- legnickiego 5,9% emisji kraju,
- tarnobrzeskiego 4,7% emisji kraju,
- radomskiego 4,5% emisji kraju,
- szczecińskiego 4,4% emisji kraju,
- jeleniogórskiego 4,3% emisji kraju.

Stopniowe wydłużanie emitorów łagodziło chwilowo stężenia skażeń, ułatwiając z kolei ich przemieszczanie na bardzo dalekie odległości, doprowadzając do zagrożeń wielkoobszarowych. Z tego też powodu wielkoobszarowe szkody w lasach na skutek emisji ujawniły się w Europie dopiero przed kilkoma laty, a ściślej od 1980 roku — i to w sposób gwałtowny. Szkodliwe oddziaływanie skażeń powietrza na lasy potęgują długotrwałe susze, w końcowym etapie choroby łańcuchowej występują inwazje owadzie i grzybów pasożytniczych.

Pod względem transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń powietrza i panujących wiatrów położenie Polski jest niekorzystne. Na zagrożenie naszych lasów wpływają emisje pochodzące z krajowych zakładów przemysłowych, jak i — w nie mniejszym stopniu — pochodzące z zagranicy. Na terytorium Polski opada około 350 tys. ton siarki rocznie więcej aniżeli wynosi emisja krajowa. Dla przykładu, na terytorium NRD opada około 760 tys. ton siarki rocznie mniej aniżeli wynosi emisja przemysłowa NRD.

Przez stosowanie bardzo wysokich kominów (200-400 m) zasięg emisji przemysłowych danego zakładu określa się setkami kilometrów, a zjawiska kwaśnych opadów mogą występować nawet do odległości 1000 km od skażającego emitora.

Drzewostany o osłabionej odporności biologicznej w wyniku szkód przemysłowych są podatne na inwazje owadzych szkodników wtórnych. Owady są zwykle sprawcami ostatecznego zamierania drzewostanów iglastych na tle choroby łańcuchowej, inicjowanej przez szkodliwy wpływ przemysłu. U gatunków liściastych taką ostateczną rolę spełniają grzyby pasożytnicze.

Przy niewielkich stężeniach emisji następują uszkodzenia fizjologiczne drzew, niewidoczne gołym okiem. W miarę upływu czasu i zmniejszania

aktywności biologicznej drzew uszkodzenia te prowadzą do zmniejszenia przyrostu drewna. Przy długotrwałym oddziaływaniu małych stężeń zanieczyszczeń dochodzi do chronicznych uszkodzeń aparatu asymilacyjnego drzew, co jest już dostrzegalne w postaci żółknięcia i opadania igieł i liści.

W wyniku dużych stężeń skażeń powstają uszkodzenia ostre i mają one miejsce z reguły w bezpośrednim sąsiedztwie zakładów przemysłowych lub w sytuacjach awaryjnych. Uszkodzenia ostre z reguły prowadzą do zamierania drzewostanów.

W Polsce nie ma dotychczas prawnie ustalonych wartości granicznych zanieczyszczeń powietrza dla stref zagrożenia obszarów leśnych. Próbe określania wartości granicznych, podjął "Energopomiar" przyjmując średnie roczne stężenia dwutlenku siarki dla stref:

- bez uszkodzeń do 20 mg/m^3 ;
- z małymi uszkodzeniami, strefa I — do 40 mg/m^3 ;
- z średnimi uszkodzeniami, strefa II — do 60 mg/m^3 ;
- z dużymi uszkodzeniami, strefa III — $60\text{--}80 \text{ mg/m}^3$.

Zagrożenie lasów polskich przez zanieczyszczenie powietrza jest na dużych obszarach chronione, lokalnie ostre, a na około 50% powierzchni lasów utajone. Ponieważ inwentaryzacje zagrożenia lasów w wyniku zanieczyszczeń powietrza przeprowadza się w oparciu o morfologiczne zmiany aparatu asymilacyjnego, inwentaryzacja taka nie ujmuje zmian fizjologicznych, a ewidencja jest siłą rzeczy zaniżona.

Tempo wzrostu powierzchni lasów zagrożonych w Polsce jest bardzo duże. W 1977 roku powierzchnia ta wynosiła 180 tys. ha, a w 1983 roku — 654 tys. ha, z czego w I strefie znajdowało się 64%, w II strefie 30%, a III strefie 6% lasów. Największe zagrożenia występują w OZLP:

— Katowice	34,2%	lasów zagrożonych
— Toruń	15,6%	" "
— Wrocław	15,1%	" "
— Kraków	13,0%	" "
— Lublin	10%	" "

Do obszarów szczególnie zagrożonych należą lasy położone w sąsiedztwie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego, Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, Tarnobrzskiego Zagłębia Siarkowego, Krakowskiego Okręgu Przemysłowego i w sąsiedztwie Kombinatu Siarkowego w Puławach. W wyjątkowo tragicznej sytuacji znajdują się lasy Sudetów Zachodnich, gdzie tempo niekorzystnych zmian jest szczególnie szybkie. Nowe zjawiska szkodotwórcze pojawiają się w sąsiedztwie Kombinatu Paliwowo-Energetycznego w Belchatowie.

Szczególnie dotkliwe są uszkodzenia drzewostanów w parkach narodowych (Ojcowskim, Świętokrzyskim, Babiogórskim, Karkonoskim, Wielkopolskim). Średnie tempo wzrostu powierzchni lasów zagrożonych wynosiło w latach 1977-1983 — 80 tys. ha rocznie. Gdyby to tempo utrzymało się w stanie niezmiennym do 1990 roku, wówczas lasów zagrożonych byłoby ponad 1200 tys. ha, a w 2000 roku — ponad 2 mln ha. Jest jednak niewykluczone,

że tempo to — przy braku zdecydowanych przeciwdziałań — może ulec zwiększeniu.

Według prof. Partyki [8], rozmiary strat w wyniku zagrożeń przemysłowych ocenia się obecnie na 31 mld zł rocznie, zaś w przyszłości przy dalszym utrzymywaniu istniejącego kierunku prognozuje się 89 mld zł. W wyliczeniach tych uwzględniono zarówno straty w potencjale produkcyjnym zasobów drzewnych spowodowanych emisją, jak i straty w produktach finalnych leśnictwa.

Zarówno leśnictwo polskie, jak i światowe, nie dysponują skutecznymi środkami przeciwdziałania szkodom powodowanym przez emisje przemysłowe. Przy istniejącym zróżnicowaniu wrażliwości drzew na emisje brak jest gatunków odpornych na zanieczyszczenia powietrza, a granica tej odporności plasuje się stosunkowo nisko na tle występujących już obecnie w naszym kraju stężeń. Zmiany składu gatunkowego, zmniejszanie udziału gatunków iglastych i przebudowa drzewostanu mają ograniczone perspektywy skuteczności. Doświadczenia ostatnich dwóch lat w Europie wskazują, że nadzieja pokładana w liściastych gatunkach lasotwórczych jest w znacznym stopniu zawodna. Masowa zachorowalność dębów, buków, brzoź itp. wystąpiła wprawdzie nieco później niż u gatunków iglastych, lecz jest również bardzo intensywna, a łańcuch chorobowy kończy się z reguły występowaniem grzybów pasożytniczych. Zadowalającej odporności nie są również w stanie zapewnić najdokładniej przeprowadzane zabiegi sanitarne i pielęgnacyjne w drzewostanach. Z tych też względów jedynym sposobem przeciwdziałania szkodom przemysłowym w lasach jest zmniejszenie emisji i to z uwzględnieniem całego kontynentu europejskiego.

W listopadzie 1979 roku doszło w Genewie do podpisania konwencji o "Transgranicznym zanieczyszczaniu powietrza na dalekie odległości". Konwencję podpisało 35 krajów, w tym również USA i Kanada. Polska nie ratyfikowała dotychczas tej konwencji. W czerwcu 1984 roku odbyła się w Monachium konferencja zainteresowanych krajów w sprawie przyczyn i zapobiegania szkodom powodowanym przez zanieczyszczenia powietrza w lasach i wodach Europy. Organ wykonawczy konwencji uznał jako najpilniejszą potrzebę redukcję emisji dwutlenku siarki o 30% do 1985 roku, z uwzględnieniem sytuacji transgranicznych. Do czerwca 1984 roku zadeklarowało taką gotowość redukcji 18 państw, w tym również ZSRR i NRD. Polska na razie do tej deklaracji nie przyłączyła się, zaś przy prezentowaniu programu gospodarki wodą w naszym kraju podano stwierdzenie, iż do 1990 roku nie nastąpią zasadnicze zmiany w rodzajach i ilości skażeń powietrza. Oznaczałoby to, iż utrzyma się dalszy wzrost emisji dwutlenku siarki (około 2% rocznie) jak i tlenków azotu. W tym stanie rzeczy grozi lasom narastające niebezpieczeństwo i dalsze nasilanie się choroby łańcuchowej, mającej swój początek w skażeniach powietrza. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż osłabiona odporność biologiczna lasów będzie miała również negatywny wpływ na gospodarowanie wodą, zarówno w sensie ilościowym jak i jakościowym. Te obawy i uwagi były przez resort leśnictwa kolejno zgłaszane do Urzędów Ochrony Środowiska i były przed-

miotem wystąpień przedstawicieli resortu leśnictwa przy dyskusowaniu tego zagadnienia na kolejnych konferencjach organizowanych przez Państwową Radę Ochrony Środowiska, jak i przez Wicepremiera Kowalczyka.

Wydaje się, że i w naszym kraju należy opracować program zmierzający do ograniczenia emisji dwutlenku siarki i tlenków azotu w latach 1986-1990, ze szczególnym położeniem nacisku na stopniową zmianę technologii w zakładach przemysłowych powodujących największe skażenia i na pełne wykorzystanie już posiadanych urządzeń i możliwości technologicznych dla zmniejszenia skażeń.

Prognozowanie sytuacji lasów na tle nasilających się skażeń powietrza musi mieć charakter alternatywny, w związku z niepewnością co do stopnia realizacji istotnych postulatów.

I wariant — umiarkowanie optymistyczny — zakłada, że emisje gazowe w Polsce zmniejszą się w latach 1985—1995 o około 30% w stosunku do poziomu w 1980 roku. W tej sytuacji zmniejszenie emisji nie będzie oznaczało całkowitej likwidacji zagrożeń i szkód w lasach, a powierzchnia lasów zagrożonych wyniesie po 1990 roku 2 mln ha. Zgodnie z prognozą Instytutu Badawczego Leśnictwa — lasy zagrożone stanowiłyby w 1990 roku 23% powierzchni leśnej w ogóle. Niestety, ostatnie dyskusje jak i opracowanie Urzędu Gospodarki Wodnej i Ochrony Środowiska wskazują, że wariant ten nie jest w obecnej sytuacji kraju wariantem realnym.

II wariant — ma już niestety charakter pesymistyczny. Zasadza się on na założeniu, że do 1990 roku wielkość emisji będzie się zwiększać, a następnie w latach 1990-2000 utrzyma się na niezmiennym poziomie, obniżając się stopniowo dopiero po roku 2000. Wariant ten doprowadzi do nasilenia szkód na nowych, dużych obszarach lasów polskich, szczególnie w zachodniej i południowej części kraju. Nasilać się będą wymuszane wyręby w drzewostanach jodłowych i świerkowych. W górach nastąpią duże wylesienia. W tej wersji prognostycznej należy spodziewać się, że po roku 1990, powierzchnia lasów zagrożonych wyniesie około 4 mln ha (45-55%). J. Jędrzejowski w swym opracowaniu z 1970 roku wyliczył, iż przy stosunkowo wysoko założonych progach toksyczności w strefach zagrożenia I-III znajdzie się w 1990 roku 3857 tys. ha lasów (44,9%). Ten sam autor przewiduje powierzchnię lasów zagrożonych w 1995 roku na ponad 4,6 mln ha.

III wariant — zakłada, że emisje będą się zwiększały w obecnym tempie aż do roku 2000. W takiej sytuacji zwiększające się emisje spowodują zagrożenie wszystkich lasów w Polsce, a szkody będą miały charakter masowej katastrofy ekologicznej. Wg tej wersji po roku 2000 nastąpiłoby wyraźne załamanie produkcji drzewnej, stopniowe zmniejszanie się zasobów drzewnych, a tym bardziej przyrostu drewna na pniu, zaś glebo- i wodochronne funkcje lasu ulegałyby szybkiemu i tragicznemu w skutkach zaniżeniu. Jednocześnie nasilałyby się zjawiska erozji w górach i występowałyby poważne zakłócenia w gospodarce wodnej kraju. Lasy wytracałyby w szybkim tempie swoje walory turystyczne i wypoczynkowe.

Wydaje się, że decyzja o w pełni świadomym przyjęciu jednej z wersji prognostycznych musi zapaść jak najszybciej gdyż los naszych lasów,

ich podstawowych funkcji gospodarczych i społecznych będzie się rozstrzygał w latach 1990-2000 i to w sposób nieodwracalny.

W ramach ogólnostanowiskowego systemu monitoringu (GEMS) działają w kraju dwie stacje pomiarowe, mianowicie na Śnieżce i w Suwałkach. Wyniki pomiarów uzyskiwane przez te stacje mają dla leśnictwa minimalne znaczenie. Na terenie województwa katowickiego działa sprawnie od kilku lat sieć pomiaru zanieczyszczeń powietrza, zorganizowana i prowadzona przez Wojewódzką Stację Sanitarно-Epidemiologiczną. Uzyskiwane wyniki pomiarów z 700 stanowisk zlokalizowanych na terenach nieleśnych są corocznie publikowane. Instytut Badawczy Leśnictwa wg stanu z końca 1984 roku dysponował 100 punktami pomiarowymi zanieczyszczenia powietrza zlokalizowanymi na powierzchniach doświadczalnych, związanych z badaniem emisji na las. W 1984 roku zapadła decyzja w resorcie leśnictwa o zorganizowaniu w 1985 roku monitoringowej sieci pomiarowej lasów przez IBL. Podstawowa sieć punktów pomiarowych zagęszcza się w zależności od aktualnego lub przewidywanego zagrożenia ze strony przemysłu (od 2×2 do 16×16 km). Do końca 1985 roku zakłada się założenie na terenach leśnych około 1500 punktów pomiarowych.

Pomiar zanieczyszczeń powietrza w lasach ma na celu:

- dostarczanie informacji o rozkładzie przestrzennym i dynamice okresowej podstawowych składników skażenia powietrza: SO_2 , NO_x , HF i pyłów;
- modyfikację przez Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej planów urzędzeniowych w strefach skażeń powietrza, wg danych charakteryzujących te skażenia;
- modyfikację przez nadleśnictwa zabiegów hodowlanych związanych z zagospodarowaniem drzewostanów uszkodzonych i ich przebudową;
- ustalanie przyczyn i dynamiki procesów degradacji środowiska leśnego przy pomocnej roli okresowo przeprowadzanych wielkoobszarowych inwentaryzacji stanu sanitarnego lasów;
- przygotowywanie dowodów świadczących o degradacji środowiska leśnego stanowiących podstawę do wystąpień na szczeblu międzyresortowym, rządowym i międzynarodowym.

Monitoring jest więc środkiem rozpoznawczym i prognostycznym, umożliwiającym celowe działanie w stosunku do lasów zagrożonych od szczebla najniższego do najwyższego.

Badania monitoringowe będą prowadzone metodą kontaktowego pomiaru zanieczyszczenia powietrza, a materiały wskaźnikowe są badane po miesięcznej ekspozycji w laboratoriach w Brzegu, Krakowie, Poznaniu, Szczecinku, Gdyni, Warszawie, Lublinie, Czarnej Wodzie i Przemyśle.

Poczynając od kwietnia 1985 r., Instytut Badawczy Leśnictwa wydaje co kwartał biuletyny monitoringowe podające stan organizacji sieci pomiarowej i funkcjonowanie zaplecza laboratoryjnego oraz wyniki pomiarów. Wartość merytoryczna pomiarów będzie rosła w miarę ich powtórzeń.

Badania z zakresu ochrony środowiska leśnego w rejonach przemysłowych podjął, jako pierwszy w kraju, IBL już w 1952 roku. Było to działanie wyprzedzające o kilkanaście lat słynny "Raport U'Thanta o Ochronie

Środowiska Przyrodniczego". Na tle nasilających się zjawisk szkodotwórczych powołano w 1962 roku w Katowicach Samodzielną Pracownię przemianowaną w 1964 roku na Zakład Gospodarki Leśnej Rejonów Przemysłowych IBL. W 1971 roku zagadnienia badawcze związane ze szkodliwym działaniem przemysłu na lasy zostały włączone do węzłowego problemu badawczego, koordynowanego przez IBL w grupie tematycznej pt. "Zagospodarowanie lasów w rejonach przemysłowych". W skład tej grupy wchodziły trzy tematy:

- wpływ emisji przemysłowych na lasy,
- przebudowa drzewostanów zagrożonych przez przemysł,
- zagospodarowanie leśne nieużytków poprzemysłowych.

W ramach tych trzech tematów prowadzi się badania przeciętnie w dwudziestu zadaniach. Badane są wpływy na środowisko leśne takich obiektów przemysłowych jak: elektrownia Kozienice, Legnickie Zagłębie Miedziowe, huta Konin (aluminium), Zakłady Chemiczne w Sarzynie, Zakłady Azotowe w Puławach, Belchatowski Okręg Przemysłowy, Tarnobrzeski Kombinat Siarkowy i inne.

Pierwsze zastosowanie w wyniku tych badań, znalazły wytyczne szacunkowego określenia stopnia uszkodzenia drzewostanów na podstawie zmian cech morfologicznych drzew. Badania przeprowadzone przez IBL na terenie GOP wykazały, że występuje tam zmniejszenie przyrostu masy drzewnej średnio o 32%. Opracowano również zasady przebudowy monokultur iglastych na uprawy o dużym udziale gatunków drzew mniej wrażliwych na zanieczyszczenia powietrza. Dokonano weryfikacji, obowiązujących w gospodarce leśnej zasad hodowlanych już od 1969 roku i opracowano program przebudowy drzewostanów zagrożonych przez imisje przemysłowe na terenie OZLP Katowice na lata 1974-1980. Wyniki badań IBL w tym zakresie zostały wdrożone na powierzchni kilkudziesięciu tysięcy ha lasów.

Jednocześnie prowadzono badania nad stopniem odporności i przydatności do zalesień i odnowień kilkudziesięciu drzew i krzewów w różnych strefach zagrożenia przez imisje i w różnych strefach przemysłowych.

Jednocześnie z monitoringiem technicznym są prowadzone badania nad rozwinięciem metod biologicznej oceny stanu zagrożenia środowiska leśnego przez imisje.

Do niedawna szkody przemysłowe występowały głównie w drzewostanach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. W ślad za tym postępowały modyfikacje organizacyjne IBL, gwarantujące właściwą osłonę naukową. W miarę jednak jak zjawiska te przybierały ogólnokrajową skalę, IBL — podobnie jak i inne instytuty — znalazł się w takiej sytuacji ekonomicznej, że nie tylko nie mógł organizować dalszych placówek w kraju, lecz poniósł znaczne straty w zatrudnieniu na skutek drastycznej dysproporcji zarobków w stosunku do innych instytutów. Z dużym wysiłkiem organizuje się specjalistyczną stację w Sudetach Zachodnich, gdzie proces deforestacji na skutek szkód przemysłowych przyjmuje charakter lawinowy. Niezależnie od istniejących trudności, IBL nasila aktywność badawczą związaną z ochroną lasu.

W obecnej sytuacji zagrożenia środowiska leśnego, za nie w pełni

zadowalające należy uznać niewielkie włączanie się pracowników naukowych ze środowisk akademickich do bezpośredniego doradztwa naukowego w lokalnych regionach leśnych.

W przyszłej 5-lacie przewiduje się podjęcie szeregu nowych zadań badawczych dotyczących:

- zmian w glebach leśnych pod wpływem zanieczyszczeń przemysłowych,
- wpływu mineralnego nawożenia lasów zagrożonych przez imisję,
- zależności stężeń imisji w lasach górskich od warunków meteorologicznych,
- korelacji między stanem skażenia powietrza a stanem drzewostanów.

W świetle powyższego należy stwierdzić, iż możliwości działań zaradczych ze strony leśnictwa są znacznie ograniczone. Gospodarka leśna musi kłaść szczególny nacisk na działania profilaktyczne sprowadzające się głównie do:

- bieżącego usuwania drzew śmiertelnie osłabionych i stanowiących źródło szkodliwych owadów i grzybów;
- precyzyjnego przeprowadzania jesiennych poszukiwań owadów i dokładnego prognozowania zagrożeń;
- konsekwentnej pod względem metodologicznym walki z pojawami szkodliwych owadów i grzybów;
- niedopuszczania do przechowywania w lesie pozyskanych mas drzewnych;
- ograniczania do minimum cięć świeżych, przy jednoczesnym niepełnym likwidowaniu drewna posuszonego;
- racjonalnej pod względem gatunkowym przebudowy drzewostanów będących pod presją przemysłu;
- racjonalnego i właściwego w czasie przeprowadzania zabiegów pielęgnacyjnych w uprawach i drzewostanach wszystkich klas wieku;
- optymalnego nawożenia drzewostanów dla wzmagania odporności biologicznej;
- zdecydowanego ograniczenia stanu zwierzyny łownej do stopnia gwarantującego podmiotowość drzewostanu w gospodarce leśnej i dopuszczalny stopień szkód od zwierzyny w drzewostanach.

Obserwacja zjawisk szkodotwórczych w lasach wskazuje jednak, że wszystkie wyżej określone działania leśników są przy przekroczeniu dopuszczalnych skażeń progowych nieskuteczne. Dlatego też podstawowy wniosek wyłaniający się z wyżej przedstawionych rozważań i faktów odnosi się do konieczności ograniczenia zanieczyszczeń powietrza ze strony przemysłu krajowego w stopniu, w którym istniałaby perspektywiczna gwarancja egzystencji środowiska przyrodniczego, a w tym i lasów. Spełnienie tego postulatu nie jest możliwe bez uwzględnienia zjawisk transgranicznych i stąd wynika konieczność włączania się Polski do konwencji międzynarodowych, mających na celu zdecydowaną poprawę na odcinku skażeń przemysłowych powietrza.

Na koniec wypada podkreślić, że indykacyjna rola lasów zmusza do zaakcentowania przestrogi, że wszystko co dotyczy aktualnie stanu lasów

w ich funkcjach bioindykacyjnych dotyczy również — jakkolwiek obecnie w mniej widocznej formie — roślinnej produkcji żywności oraz pośrednio i bezpośrednio zdrowia człowieka.

SPIS WYBRANYCH ŹRÓDEŁ

1. Bosiak A. — *Aktualny i przewidywany stan zagrożenia lasów przez przemysł w Polsce*. Referat na konferencji nt. "Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce", IBL, czerwiec 1985.
2. Bosiak A. — *Opracowanie sposobu wyznaczania stref zagrożenia lasów przez zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, szacowania szkód i strat produkcyjnych oraz zasad zagospodarowania lasów w strefach zagrożenia*. Dokumentacja IBL, 1983.
3. *Raport o stanie zagrożenia środowiska leśnego w Polsce*. Wydawnictwo IBL, 1984.
4. Juda J. — *Analiza perspektywicznej struktury pokrycia potrzeb energetycznych kraju z uwzględnieniem zagadnień ochrony i racjonalnego kształtowania środowiska*. Ekspertyza wykonana na zlecenie Komitetu Naukowego przy Prezydium PAN "Człowiek i środowisko" oraz Komitetu Energetycznego PAN, Warszawa, 1978.
5. Latocha E. — *Stan zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w Polsce*. Referat na konferencji nt. "Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce", IBL, czerwiec 1985.
6. Myczkowski S. — *Kryzys środowiska*. PWRiL, Warszawa, 1978.
7. Partyka T. — *Ekonomiczne aspekty zanieczyszczenia lasów*. Referat na konferencji nt. "Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce", IBL, czerwiec 1985.
8. Partyka T., Parzuchowska J., Suwara E. — *Metodyka określania szkód przemysłowych, wyceny strat i odszkodowań leśnych*. Dokumentacja IBL, 1983.
9. Strzelecki W. — *Program badań Instytutu Badawczego Leśnictwa nad zagrożeniem środowiska leśnego przez przemysł*. Referat na konferencji nt. "Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce", IBL, czerwiec 1985.
10. Wolak J. — *Wpływ imisji przemysłowych na las. Metodologiczna podstawa badań*. Referat na konferencji nt. "Problemy zagrożenia środowiska leśnego w Polsce", IBL, czerwiec 1985.

ZANIECZYSZCZENIE JEZIOR

W Polsce badaniami stanu czystości jezior i użytkową klasyfikacją wód jeziorowych zajmują się terenowe służby ochrony środowiska. Na podstawie wyników tych badań oraz w oparciu o wyniki badań własnych w Zakładzie Użytkowania Wód IKŚ w Warszawie opracowywane są atlasy stanu czystości jezior w Polsce obejmujące zbiorniki badane w okresach 5-letnich. Do ukończonego atlasu obejmującego jeziora badane w latach 1974-78 [1] oraz do obecnie opracowywanego kolejnego atlasu opracowano w Zakładzie Użytkowania Wód wyniki badań dla 130 jezior badanych w latach 1974-1980.

Jeziora te położone są na obszarze 13 województw: szczecińskiego, koszalińskiego, słupskiego, bydgoskiego, gdańskiego, toruńskiego, olsztyńskiego, suwalskiego, pilskiego, poznańskiego, leszczyńskiego, lubelskiego i chełmskiego. Grupa jezior objętych dotychczasowymi badaniami aczkolwiek niezbyt liczna w stosunku do ogólnej liczby jezior w kraju, stanowi jednak (w przeliczeniu na objętość wód) ponad trzecią część zasobów wodnych jezior Polski.

Ocena stanu czystości wód jezior uwzględnianych w atlasach dokonywana jest nie tylko w oparciu o przepisy prawne obowiązujące obecnie w Polsce dla wód powierzchniowych, które nie uwzględniają specyfiki wód jeziorowych (Rozporządzenie RM [7]) ale także w oparciu o nowy system oceny jakości jezior opracowany w Zakładzie Użytkowania Wód [6] i proponowany obecnie ośrodkom badań i kontroli środowiska do wdrożenia. W systemie tym dobór wskaźników i ich normatywy odpowiadają specyfice wód jeziorowych, a o ogólnej ocenie wód jeziora decydują wszystkie uwzględniane wskaźniki, a nie jak w obowiązującym rozporządzeniu tylko te, które przekraczają normatywy. Dlatego też ocena jakości wód jezior według proponowanego systemu jest pełniejsza i bardziej realistyczna.

Ocenę stanu czystości wód przeprowadzono zgodnie z nowym systemem dla 130 analizowanych jezior. Jak wynika z tej oceny, najcenniejsze zasoby wodne — I klasy czystości — ma 14 zbiorników: Krzemno, Kaleńskie i Siecino (w woj. koszalińskim), Mausz Duży (w woj. gdańskim), Wukśniki i Leleskie (w woj. olsztyńskim), Dargin, Mamry Północne, Śniardwy, Hańcza, Szelment Wielki, Szelment Mały, Sajno (w woj. suwalskim) oraz Piaseczno (w woj. lubelskim). Ta grupa jezior stanowi 10,8% liczby jezior objętych oceną, a 28,6% w przeliczeniu na objętość ich wód (tab. 1).

Tabela 1

Zestawienie ilości i udziału procentowego jezior w poszczególnych klasach czystości wód

Klasa czystości wód	Jeziora			
	liczba	%	objętość wód w tys. m ³	%
I	14	10,8	1 793 080,8	28,6
I/II	5	3,8	304 695,0	4,9
II	47	36,1	2 105 824,9	33,6
II/III	3	2,3	239 496,3	3,8
III	40	30,8	1 268 869,3	20,3
Poza klasą	21	16,2	549 082,5	8,8
Razem	130	100,0	6 261 048,8	100,0

Natomiast jezior o wodach bardzo silnie zanieczyszczonych, znajdujących się poza klasą czystości, jest w ocenianej grupie zbiorników 21, co stanowi 16,2% liczby jezior, a tylko 8,8% ich objętości. Większość ocenianych jezior, znalazła się w klasach II i III, przy czym zarówno największa liczba jezior jak i największa objętość wód przypada na II klasę.

Stan czystości jezior uzależniony jest w znacznym stopniu od ich naturalnej podatności na degradację, uwarunkowanej cechami morfometrycznymi, hydrograficznymi i zlewniowymi. Dlatego też zgodnie z nowym systemem oceny jakości jezior obok klasy czystości wód określono także kategorię podatności jezior na degradację (tab. 2). W gruncie ocenianych jezior 19 zbiorników o najkorzystniejszych cechach morfometrycznych, hydrograficznych i zlewniowych, zaliczono do I kategorii. Grupa ta stanowi 14,6% ogólnej liczby jezior. Natomiast zbiorniki o bardzo niekorzystnych cechach naturalnych,

Tabela 2

Zestawienie ilości i udziału procentowego jezior w poszczególnych kategoriach podatności na degradację

Kategoria podatności na degradację	Jeziora	
	liczba	%
I	19	14,6
II	64	49,2
III	31	23,9
Poza kategorią	16	12,3
Razem	130	100,0

podatne na wpływy z zewnątrz znalazły się poza kategorią. Jezior takich jest w grupie ocenianych 16, co stanowi 12,3% ogólnej ich liczby. Większość badanych zbiorników (49,2%) charakteryzuje się II kategorią podatności na degradację.

Zestawienie stanu czystości wód jeziora z kategorią podatności zbiornika na degradację oraz obecnością punktowych źródeł zanieczyszczeń dokonane dla jezior objętych oceną prowadzi do następującego wniosku: Jeziora nie odbierające ścieków i jednocześnie charakteryzujące się znaczną odpornością na degradację mają wody o dobrej jakości, natomiast zbiorniki poddane oddziaływaniu ścieków mają wody o zdecydowanie pogorszonej jakości przy różnych kategoriach podatności na degradację. Tak więc nawet korzystne cechy naturalne zbiornika i jego zlewni nie są w stanie przeciwdziałać dominującemu wpływowi ścieków.

Ścieki odprowadzane do jezior zawierają duży ładunek azotu i fosfru oraz z reguły stanowią zagrożenie sanitarne dla wód odbiornika. Dlatego też obniżona jakość wód jeziorowych będących pod wpływem ścieków jest najczęściej związana z dużą zasobnością tych zbiorników w związki biogenne oraz niskim mianem *coli*.

Zastosowanie proponowanego systemu oceny jakości jezior pozwala na wyciągnięcie ogólnych wniosków dotyczących racjonalnego ich użytkowania i ochrony. Spośród jezior objętych oceną, 14 zbiorników o najczystszych wodach i jednocześnie o dużej odporności na degradację stanowi najcenniejsze zasoby wód i co za tym idzie ich wykorzystanie powinno być podporządkowane zasadom szczególnej ochrony. W przypadku jezior o pogorszonej jakości wód i będących odbiornikami ścieków podstawowym zabiegiem ochronnym powinno być odcięcie dopływu zanieczyszczeń. W wielu przypadkach będzie to z pewnością niewystarczające dla poprawy jakości wód i dopiero zastosowanie zabiegów rekultywacyjnych może przynieść pewne efekty.

Dla pewnej liczby analizowanych jezior dysponowano wynikami badań pochodzącymi z różnych lat. Umożliwiło to wyciągnięcie pewnych wniosków dotyczących tempa ujawniania się zmian jakości jezior na skutek antropopresji. Zmiany te bowiem nie zawsze dość szybko manifestują się wyraźnym wzrostem stężeń podstawowych wskaźników zanieczyszczenia. Porównane wyniki badań pochodzące z sąsiednich lat nie wykazały na ogół istotnych różnic pozwalających uchwycić zmianę w jakości wody. Różnice te równie dobrze mogły być naturalnymi fluktuacjami z roku na rok wartości wskaźników zanieczyszczeń. Natomiast wyraźne zmiany w jakości wody są widoczne przy porównywaniu wyników badań oddzielonych znacznym odstępem czasu.

Klasa czystości wód określona na podstawie przeprowadzonych badań jezior w niewielu tylko przypadkach odpowiada klasie założonej dla tych zbiorników przez władze wojewódzkie. Zarządzenia wojewodów z reguły zakładają bowiem dla wód jezior I klasę czystości. Spośród 130 zbiorników badanych w latach 1974-1980 tylko około 20 ma założoną niższą klasę II. Fakt ten pozwala na stwierdzenie, iż aktualny stan czystości jezior Polski nie jest zadowalający i zdecydowanie nie odpowiada stawianym wymaganiom.

Szersze omówienie wyników oceny stanu czystości jezior w Polsce znaleźć można w wymienionym już atlasie stanu czystości jezior Polski oraz w innych, wcześniej publikowanych materiałach [2, 3, 4, 5].

LITERATURA

1. Cydzik D., Kudelska D., Soszka H. — *Atlas stanu czystości jezior Polski badanych w latach 1974-1978*. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa, str. 548, 1982.
2. Cydzik D., Kudelska D., Soszka H. — *Ocena stanu czystości jezior w Polsce badanych w latach 1974-1978*. Człowiek i Środowisko 7(1-2): 7-25, 1983.
3. Cydzik D., Soszka H. — *Ocena stanu czystości jezior w Polsce na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1974-1980*. Referat na konferencję Centralnego Komitetu Stronnictwa Demokratycznego i Instytutu Kształtowania Środowiska pt. "Ochrona jezior". Bydgoszcz, maj 1983. Epoka, seria "Ochrona środowiska naturalnego", str. 43-54, 1984.
4. Cydzik D., Soszka H., — *Stan czystości jezior Polski*. Referat na sesji Komitetu Naukowego przy Prezydium PAN "Człowiek i środowisko" nt. "Systemy monitorowania zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego Polski — stan, potrzeby, perspektywy". Warszawa, kwiecień 1984. Archiwum Ochrony Środowiska w Zabrzu, (w druku).
5. Cydzik D., Soszka H. — *Stan czystości jezior*. W: *Badania typu monitoringowego na obszarze Polski — stan, potrzeby, perspektywy*. PAN, Komitet "Człowiek i środowisko", str. 28, w druku.
6. Kudelska D., Cydzik D., Soszka H. — *System oceny jakości jezior*. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa, str. 44, 1983.
7. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 listopada 1975 r. w sprawie klasyfikacji wód, warunków jakim powinny odpowiadać ścieki oraz kar pieniężnych za naruszenie tych warunków. Dz. U. z 1975 r. nr 41, poz. 214.

ZANIECZYSZCZENIE MORZA BAŁTYCKIEGO

WSTĘP

Bałtyk jest morzem niewielkim, które zajmuje zaledwie 1/1000 część wszechoceanu, przy czym jego średnia głębokość jest aż 70-krotnie mniejsza od średniej głębokości oceanicznej i wynosi około 55 m. To miniaturowe w skali wszechoceanu morze otoczone jest państwami o intensywnej gospodarce rolnej i o wysokim stopniu uprzemysłowienia. Nad brzegami Morza Bałtyckiego znajduje się bowiem 60 większych aglomeracji miejskich, z których kilka liczy ponad milion mieszkańców. Ludność nadbałtycka wytwarza aż 15% artykułów przemysłowych, w skali ogólnoswiatowej.

W ostatnim dwudziestopięcioleciu przeładunek wielu portów bałtyckich uległ znacznemu wzrostowi, sięgającemu w pewnych przypadkach nawet kilkuset procent (Gdańsk, Rostok). Na wybrzeżach tego morza obserwujemy intensywny rozwój przemysłu, zwłaszcza rafineryjnego i chemicznego, który pociągać będzie za sobą dalszy wzrost przewozów morskich jako najtańszej drogi międzynarodowego handlu.

Jak grzyby po deszczu wyrastają tysiące ośrodków wypoczynkowych rozmieszczonych zarówno tuż nad brzegiem morskim, jak i w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Przykładem tego może być chociażby polska część Mierzei Wiślanej, na której w 1950 roku w szczytowym okresie lata mogło przebywać zaledwie kilkuset wczasowiczów, natomiast w 1985 roku baza noclegowa pozwalała na pomieszczenie co najmniej 15 tysięcy gości.

Trudno byłoby wymienić wszelkie przyczyny i rodzaje zagrożeń dla ekosystemu morza, bowiem lista ich jest znacznie dłuższa. Morze Bałtyckie znajduje się pod ogromnym wpływem gospodarki człowieka, zaś cała biocenoza morska poddawana jest potężnemu i ciągle wzrastającemu stresowi ekologicznemu.

Obecnie szczególnie poważne niebezpieczeństwo stwarzają różnorodne substancje chemiczne i to nie tylko związki toksyczne, lecz także, a raczej głównie, pozornie niegroźne sole biogeniczne, czyli substancje odżywcze, zwane w rolnictwie po prostu nawozami mineralnymi. To właśnie ich wpływ do środowiska wodnego powoduje obserwowane od lat głębokie przeobrażenia biocenotyczne, w pierwszej kolejności postępującą eutrofizację

środowiska morskiego a częściowo także intoksykację świata roślinnego i zwierzęcego. Obydwa procesy wywierają istotny wpływ na biologiczną produktywność Morza Bałtyckiego.

Warto zaznaczyć, iż postępujący jednocześnie proces sanitarnego skażenia wód morskich nie ma bezpośredniego wpływu na biologiczną produktywność morza, może jednak poważnie ograniczać wykorzystywanie przez człowieka „żywych zasobów morskich” wskutek ich biologicznego skażenia i możliwości przenoszenia chorobotwórczych bakterii oraz pasożytniczych grzybów, pierwotniaków, robaków itp.

W przyszłości w Morzu Bałtyckim wzrastać będzie znaczenie zanieczyszczeń natury fizycznej, w szczególności „zanieczyszczenia termiczne”, a być może również zanieczyszczenia akustyczne i radioaktywne. W najbliższych latach nie przewiduję jednak ich istotniejszego wpływu na biocenozę i biologiczną produktywność tego morza.

PROCES EUTROFIZACJI

Postępująca eutrofizacja Morza Bałtyckiego jest wynikiem dopływu substancji użyźniających, a w szczególności wszelkich form azotu i fosforu zarówno w postaci soli mineralnych, jak i rozmaitych związków organicznych wraz z rozkładającą się materią organiczną. W wyniku naturalnych procesów geologicznych dopływa do morza systemem rzeczny i innymi drogami pewna ilość tych związków. O tym, że ilość ta w przypadku Morza Bałtyckiego jest niewielka świadczyć może fakt, iż morze to w początkach bieżącego stulecia uważane było za morze jałowe, czyli oligotroficzne.

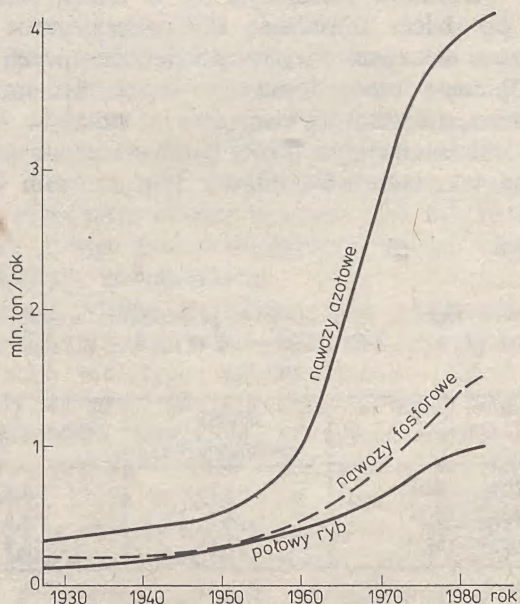
Z upływem czasu, wraz ze zwiększaniem dopływu do tego akwenu substancji użyźniających, żyzność Morza Bałtyckiego stopniowo wzrasta. Jest to wynikiem działalności człowieka w różnych dziedzinach gospodarki, przede wszystkim intensyfikacji rolnictwa wskutek coraz bardziej masowego stosowania nawozów mineralnych (rys. 1), niezależnie od aktualnego zapotrzebowania roślin uprawnych na sole mineralne. Chyba nie mniejszym źródłem związków organicznych w wodach naturalnych oraz w środowisku morskim są zanieczyszczone lub niedostatecznie oczyszczone ścieki bytowe, gospodarcze i przemysłowe, zwłaszcza przemysłu spożywczego i nawozów mineralnych. Wskutek nie nadążającej za potrzebami budowy lub rozbudowy oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych wzrasta z roku na rok w Polsce i niektórych innych krajach nadbałtyckich, odprowadzany do morza poprzez system rzeczny lub kolektory, globalny ładunek substancji użyźniających. Tendencję tego wzrostu daje się zaobserwować w wielu rzekach, np. w wodach Wisły i Odry, w których stężenie fosforanów w latach siedemdziesiątych, tj. od 1972 do 1980 roku, zwiększyło się odpowiednio pięć- i czterokrotnie. W oparciu o szczegółową analizę materiałów zawartych w rozlicznych źródłach literaturowych, Larsson, Elmgren i Wulff [5] oszacowali pierwotny i obecny dopływ do Morza Bałtyckiego związków odżywczych: fosforu i azotu (tab. 1). Wskazują oni na to, iż podstawową drogą przenika-

Tabela 1

Szacunkowy pierwotny i obecny dopływ fosforu i azotu ogólnego do Morza Bałtyckiego (wg [5] uproszczone)

Źródło	Fosfor ogólny			Azot ogólny		
	pierwotnie	obecnie	wzrost	pierwotnie	obecnie	wzrost
	tys. ton rocznie		%	tys. ton rocznie		%
Ścieki	—	22	—	—	103	—
Rzeki	7	52	743	150	641	427
Atmosfera	3	6	200	83	322	388
Wiązanie	—	—	—	67	134	200
Ogółem	10	80	800	300	1200	400

nia do Bałtyku substancji użyźniających są wody rzeczne, wraz z którymi dopływa 65% związków fosforu i ponad 53% związków azotu. Są to ilości z górą siedmiokrotnie i czterokrotnie większe w stosunku do pierwotnego spływu rzecznego, który ich zdaniem przed XX wiekiem wynosił około



Rys. 1. Ogólne zużycie nawozów mineralnych w zlewisku Morza Bałtyckiego oraz wielkość połowów rybackich w ostatnich dekadach (krzywe idealizowane)

7000 ton fosforu i całą 150000 azotu. Znacznym zagrożeniem dla Morza Bałtyckiego są ścieki, zwłaszcza ścieki komunalne, których faktyczny ładunek jest zapewne większy niż to wynika z materiałów zestawionych w tabeli 1, opartych — jak sami autorzy podkreślają — na zaniżonych danych. Niedocenianą do niedawna drogą przenikania soli biogenicznych do środowiska

morskiego jest atmosfera. Szczególnie istotną rolę odgrywa ona w przypadku związków azotu, których dopływ drogą atmosferyczną jest zaledwie o połowę mniejszy w stosunku do dopływu rzecznego. Tak w przypadku azotu, jak i fosforu nastąpił znaczny wzrost ładunku w bieżącym stuleciu (tab. 1), związany przede wszystkim z postępującą industrializacją krajów nadbałtyckich. Dodatkowym źródłem związków azotu w morzu jest wiązanie wolnego azotu przez sinice w eufotycznej warstwie wody, przy czym podkreślić należy, iż rośliny te występują obecnie znacznie liczniej niż dawniej, wywołując często „zakwity morza” obniżające wydatnie jego rekreacyjne walory. Jak z powyższego wynika ogólny ładunek dopływającego do wód Morza Bałtyckiego azotu w formie przyswajalnych dla roślin związków mineralnych wzrósł w okresie ostatnich 100 lat o około 400%, zaś fosforu — nawet o około 800%.

Wyraźny wzrost stężenia soli biogenicznych zanotowano także w wodach Morza Bałtyckiego. Początkowo dostrzeżono go w głębinowych wodach Bałtyku, w których dość istotne podwyższenie stężenia fosforanów notowano już w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych bieżącego stulecia (tab. 2). W powierzchniowej izohalinowej warstwie wód Morza Bałtyckiego tendencja do wzrostu stężenia fosforanów zaznaczyła się w latach sześćdziesiątych, przy czym trwa ona po dzień dzisiejszy. Charakterystyczne jest, że wyraźny wzrost stężenia azotu nieorganicznego w powierzchniowych wodach południowego Bałtyku [15] zanotowano dopiero w latach siedemdziesiątych, a więc mniej więcej z dziesięcioletnim opóźnieniem w stosunku do okresu wzrostu ilości fosforanów. Akumulacji związków fosforu i azotu w Morzu Bałtyckim sprzyja minimalna wymiana wód między tym morzem a wszechoceanem.

Tabela 2

Maksymalne stężenia fosforanów w przydennych wodach centralnych części głębi południowobałtyckich w różnych okresach (w $\mu\text{mol P/PO}_4/\text{dm}^3$)

Okres	Głębia Bornholmska	Głębia Gdańska
1948—1949	1,7	1,8
1950—1969	4,7	8,4
1970—1984	14,4	10,3

Zwiększenie stężenia soli odżywczych w powierzchniowych wodach morza potęguje produkcję biologiczną zarówno fitoplanktonu, jak i zooplanktonu i dalszych ogniw sieci troficznej [7, 16, 17, 18]. Wskazuje na to zaobserwowany w Morzu Bałtyckim w latach siedemdziesiątych wzrost produkcji pierwotnej fitoplanktonu, a zwłaszcza występujące corocznie w szczytowym okresie lata bardzo intensywne zakwity planktonu roślinnego. W latach pięćdziesiątych średnia roczna produkcja planktonu roślinnego otwartych wód

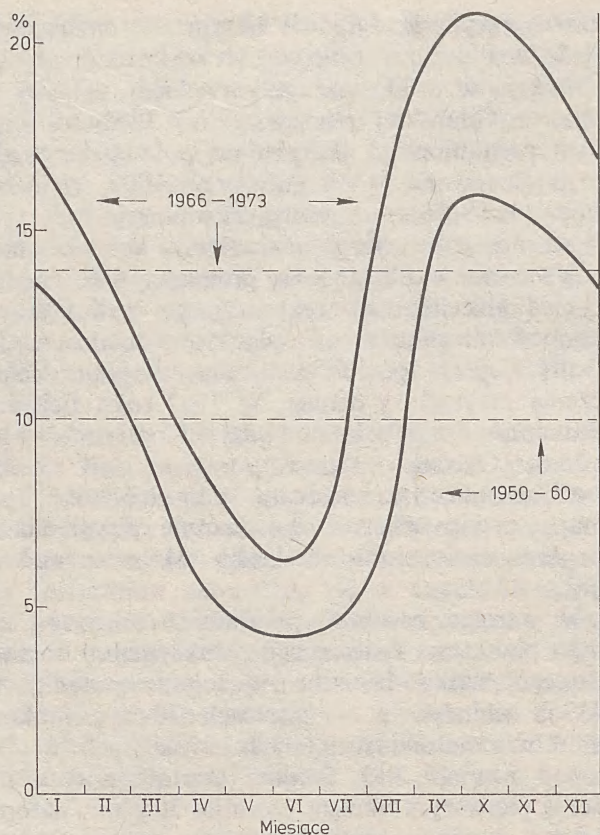
Bałtyku Południowego wynosiła zaledwie 56 g/m^2 , natomiast w latach siedemdziesiątych [14] i w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych wzrosła do $100\text{--}120 \text{ g/m}^2$. Intensywne, widoczne gołym okiem zakwity fitoplanktonu notuje się w Zatoce Gdańskiej począwszy od 1972 roku, natomiast na otwartych wodach południowego Bałtyku od połowy lat siedemdziesiątych [18]. Zakwity te powodowane są z reguły przez sinicę *Nodularia spumigena* zabarwiającą wodę na dość intensywny, zielonkawy kolor. Z reguły już po kilku dniach od momentu wystąpienia zakwitu kolonie sinicy obumierają przekształcając się wkrótce w oślizgłą masę gromadzącą się często w brzegowej strefie morza, która zniechęca do rekreacyjnego wykorzystywania morza.

Wskutek występowania zakwitów fitoplanktonu zmalała wydatnie przezroczystość wody bałtyckiej, co spowodowało znaczne ograniczenie głębokościowego rozmieszczenia makrofłory dennej. W 1907 roku zielenice rozsiedlone były w Zatoce Gdańskiej do głębokości 15 m, zaś brunatnice i krasnorosty — do głębokości 25 m. Obecnie zielenice porastają dno zatoki jedynie do głębokości 4 m, a brunatnice i krasnorosty — do głębokości 8 m [2]. Makroflora rozsiedlona jest więc obecnie 3-4 krotnie płycej niż na początku naszego stulecia. Jednocześnie zmalała liczba taksonów makrofłory dennej Zatoki Gdańskiej o 42%.

W następstwie wzrostu zasobów planktonu roślinnego zwiększyły się zasoby bałtyckiego planktonu zwierzęcego. Maksymalne wartości mikrozooplanktonu łowionego siatką Hensena w rejonie południowego Bałtyku w latach 1951-1965 wahały się w granicach 20-50 g mokrej masy pod 1 m^2 powierzchni morza, natomiast w latach późniejszych oscylowały w przedziale 43-122 g pod 1 m^2 [6, 18]. Średnia wartość z tych maksymalnych rocznych wartości w pierwszym okresie wynosiła 30 g/m^2 , natomiast w latach 1966-1973 — 65 g/m^2 , a więc ponad dwukrotnie więcej. Obecnie obserwuje się dalszy wzrost zasobów zooplanktonu.

Wzrastająca żyzność Morza Bałtyckiego sprzyja zresztą również podwyższaniu zasobów ryb użytkowych i ogólnemu wzrostowi połowów rybackich. W początkach bieżącego stulecia globalne odłowy ryb z całego Bałtyku utrzymywały się przez dłuższy czas na mniej więcej jednakowym poziomie, wynosząc w 1910 roku około 60 tysięcy ton, a w 1930 roku — 80 tysięcy ton surowej masy. W 1950 roku, a więc po dalszych 20 latach oraz wojnie światowej, która w znacznym stopniu przerzedziła pływający tabor rybacki, połowy te wzrosły do 150 tysięcy ton. W tym czasie nastąpiło więc podwojenie wylawianej z Bałtyku masy ryb. Dalsze dwudziestolecie przynosi potrojenie połowów rybackich, bowiem w 1970 roku wylowiono z tego morza ponad pół miliona ton ryb. Początek kolejnego dwudziestolecia charakteryzował się dalszym wyraźnym wzrostem połowów, jednak począwszy od drugiej połowy lat siedemdziesiątych obserwujemy stabilizację wielkości połowów na poziomie niespełna 1 miliona ton rocznie (rys. 1). Nic nie wskazuje na to, aby w najbliższych latach miał nastąpić istotniejszy wzrost wielkości odłowów rybackich.

Innymi słowy mniej więcej do lat trzydziestych bieżącego stulecia Bałtyk uważany był za morze jałowe o średniej wydajności rybackiej, zaledwie



Rys. 2. Sezonowe zmiany oraz średnia zawartość tłuszczu w tkance mięsnej szprota w latach 1950-1960 i 1966-1973 (krzywe idealizowane)

około 2 kg z jednego hektara, jednak obecnie może być traktowany jako morze żyzne, bowiem średnia wydajność rybacka oscyluje w granicach 25-30 kg z 1 hektara, a w odniesieniu wyłącznie do Bałtyku Południowego osiąga nawet 50-60 kg/ha.

O wzroście żyzności Morza Bałtyckiego świadczy także zawartość tłuszczu w tkankach mięsnych szprota *Sprattus sprattus*. Średnia roczna zawartość tłuszczu w szprocie południowobałtyckim w latach 1950-1960 wynosiła około 10%, natomiast w latach 1966-1973 wzrosła do około 14% [3]. Różnica zawartości tłuszczu jest szczególnie jaskrawo widoczna w sezonie letnim, zwłaszcza w sierpniu (rys. 2). W miesiącu tym w latach pięćdziesiątych średni poziom tłuszczu w tkankach mięsnych szprota południowobałtyckiego wynosił około 7%, natomiast na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych wzrósł średnio do około 16%, a więc ponad dwukrotnie. Wskazuje to niedwuznacznie na znaczny przyrost ilościowy bazy pokarmowej szprota w postaci planktonu zwierzęcego.

Postępująca eutrofizacja środowiska morskiego powoduje niestety też ujemne skutki o dalekosiężnych konsekwencjach gospodarczych. W następstwie eutrofizacji opadają ku głębinom Morza Bałtyckiego coraz większe ilości materii organicznej w postaci obumarłego planktonu roślinnego i zwierzęcego oraz fekalii żywych organizmów zwierzęcych. W procesie biochemicznego rozkładu materia ta zużywa i tak z natury rzeczy skąpe zasoby tlenu wód głębinowych. W przypadku całkowitego zużycia wolnego tlenu w następstwie dalszego rozkładu materii organicznej w warunkach beztlenowych wytwarza się toksyczny siarkowodor oraz nie mniej trujące związki amonowe. Dwudziestoletnie badania warunków tlenowych w przydennych wodach Morza Bałtyckiego wykazują, iż od 1966 roku co najmniej pewne fragmenty Bałtyku Centralnego zatrute były siarkowodorem, a w niektórych latach obszar ten zajmował znaczną część morza (rys. 3). Na daleko większym obszarze stężenie tlenu w wodach przydennych utrzymywało się poniżej 2 ml/dm^3 [1]. Zdecydowana większość przedstawicieli fauny dennej egzystować może jedynie w środowisku o stężeniu tlenu co najmniej $3\text{--}4 \text{ ml/dm}^3$, a jedynie niektóre gatunki wieloszczetów wytrzymują okresowe obniżenie zawartości tlenu poniżej 1 ml/dm^3 [9, 10]. W niedotlenionym środowisku przydennym, a zwłaszcza w rejonach zatrutych siarkowodorem zanika makrofauna i mezo-fauna denna, pozostawiając „pustynię bentosową” zasiedloną przez niektóre bakterie, niższe grzyby i bezbarwne wiciowce.

Już w drugiej połowie lat pięćdziesiątych bieżącego stulecia zaobserwowano w Bałtyku rozległą pustynię bentosową. Pustynia ta występuje po dzień dzisiejszy, jednak obszar jej, zależnie od aktualnych warunków środowiskowych oraz intensywności dopływu materii organicznej, zmienia się w czasie. W latach siedemdziesiątych globalna powierzchnia dna Bałtyku zajęta przez pustynię denną utrzymywała się najczęściej w granicach 60-80 tysięcy kilometrów kwadratowych, co odpowiada 22-30% ogólnej powierzchni Bałtyku właściwego, tj. bez Zatoki Botnickiej i Cieśnin Duńskich. W pierwszej połowie lat osiemdziesiątych sytuacja uległa pewnej, zapewne przejściowej, poprawie.

Ta rozległa pustynia głębinowa stwarza poważne niebezpieczeństwo dla rybołówstwa bałtyckiego, grożąc zwłaszcza załamaniem się w przyszłości połowów dorsza. Ryba ta wymaga bowiem do swego rozrodu dostatecznie słonych i natlenionych wód. W Morzu Bałtyckim dogodnie dla siebie warunki rozrodcze znajduje ona jedynie w dolnych warstwach wody, tj. poniżej 60-70 m głębokości, bowiem tylko tam wskutek częstych wlewów słonych i cięższych wód oceanicznych jest odpowiednio wysokie zasolenie. Niestety w rezultacie pogarszających się warunków tlenowych i stopniowego wzrostu pustyni głębinowych niedostępnych także dla ryb, kurczą się powoli tarliska dorsza. Już w ciągu kilku lat minionej dekady stada dorsza bałtyckiego miały trudności ze znalezieniem dla siebie odpowiednich warunków rozrodu, dowodem czego były znikome ilości ikry i larw tego gatunku [6]. Na szczęście w kilku innych latach, a także w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych w czasie jesienno-zimowego odświeżania się wód przydennych w następstwie wlewów wód oceanicznych, deficyt ten uzupełniony został nawet



Rys. 3. Występowanie siarkowodoru (czarne plamy) i obszarów objętych deficytem tlenowym (o stężeniu tlenu poniżej 2 ml/dm^3 — obszary zakreskowane) w przydennej wodzie Bałtyku w latach 1963-1982; każdorazowo podano najbardziej niekorzystne warunki w roku [1]

z nadwyżką. Nie można jednak wykluczyć tego, iż dalsze pogłębianie się procesu eutrofizacji Morza Bałtyckiego doprowadzić może w końcu do trwałego zaniku tarlisk dorsza, grożąc załamaniem się jego odłowu z Morza Bałtyckiego, bez kłopotliwego i drogiego zarybiania morza tym gatunkiem.

Nie dotyczy to na szczęście naszych najpospolitszych ryb pelagicznych — śledzia i szprota, których cały cykl rozwoju osobniczego odbywać się może

w wodach powierzchniowych obfitujących w pokarm w postaci planktonu i zawierających wystarczające dla tych ryb ilości tlenu.

PROCES INTOKSYKACJI

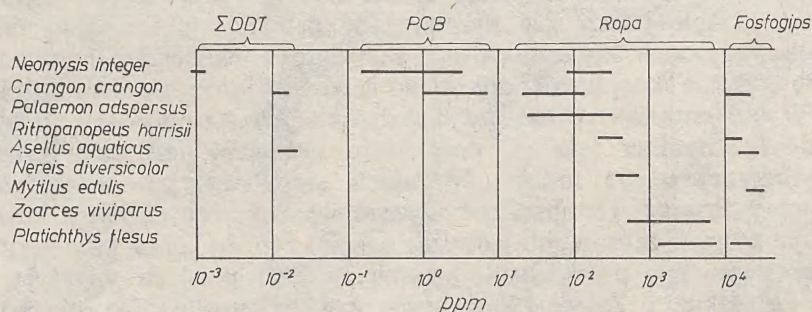
Intoksykacja, czyli stopniowy wzrost zanieczyszczenia środowiska substancjami mniej lub bardziej trującymi dla żywych organizmów, jest wynikiem bez troskiergo odprowadzania do wód naturalnych różnego rodzaju ścieków i odpadów przemysłowych. Spośród związków chemicznych stwarzających największe zagrożenie dla ekosystemu Morza Bałtyckiego wymienić należy związki metali ciężkich oraz węglowodory chlorowane i ropopochodne.

Szczególne zagrożenie stwarzają metale ciężkie i ich związki chemiczne, przy czym ciągle jeszcze nie dysponujemy pełnymi informacjami na ten temat dla wszystkich akwenów Morza Bałtyckiego. Najpełniej chyba zostało poznane skażenie ekosystemu bałtyckiego najgroźniejszym metalem ciężkim — rtęcią. Wielokierunkowe badania wykazały, iż stężenie środowiska morskiego ma jednak charakter lokalny, przy czym notowane jest ono wyłącznie w przybrzeżnej strefie morza. W latach sześćdziesiątych wyodrębniono u wybrzeży Szwecji 12 obszarów szczególnie zagrożonych tym metalem, w obrębie których zabroniono wówczas połowu ryb do celów komercyjnych. Również mięso ryb poławianych lokalnie, wzdłuż polskich wybrzeży, np. Zatoki Gdańskiej i Zalewu Wiślanego, zawiera stosunkowo duże ilości związków rtęci, bliskie wartościom określonym w przepisach polskich jako „dopuszczalne normy dla produktów spożywczych”, tj. 1 ppm [11]. Dlatego też niezbędne jest nasilenie kontroli stężenia rtęci w tkankach ryb użytkowych, wydobywanych zwłaszcza przez rybaków łodziowych w przybrzeżnej strefie naszego morza oraz w zalewach i jeziorach przymorskich. Niewiele na razie wiadomo odnośnie szkodliwości związków rtęci dla samych organizmów morskich. Przypuszczać jednak można, iż nie wywierają one większego wpływu na produktywność biologiczną Morza Bałtyckiego.

Poważne zagrożenie dla biocenozy morskiej oraz zdrowia człowieka, jako konsumenta ryb bałtyckich, stwarzają węglowodory chlorowane, do których należą pestycydy (np. DDT) oraz niektóre związki wchodzące w skład farb okrętowych oraz tworzyw sztucznych (PCB). Jakkolwiek zaprzestano w Europie stosować najgroźniejszy pestycyd — DDT, zaś zużycie w Polsce pozostałych związków z grupy węglowodorów chlorowanych jest, raczej niewielkie, obecność ich stwierdza się ciągle jeszcze w środowisku morskim. Jakkolwiek malejące, to jednak ciągle jeszcze dość znaczne ilości tych związków stwierdza się w bałtyckich rybach i ssakach drapieżnych. Gromadzą się one głównie w tkance tłuszczowej oraz w tłuszczu hydrobiontów. Tkanka mięsna „chudych” ryb zawiera jedynie śladowe ilości węglowodorów chlorowanych. Poważniejsze niebezpieczeństwo stwarza natomiast silnie przetłuszczona wątroba dorsza, a także niektóre tłuste ryby z węgorzem na czele.

W stosunku do węglowodorów chlorowanych szczególną wrażliwością odznaczają się stawonogi, tj. zarówno owady, przeciwko którym stosowanych

jest szereg pestycydów, jak i skorupiaki [18]. Stwierdzono, że stężenie DDT i PCB w przybrzeżnych, zwłaszcza przyujściowych, wodach Zatoki Gdańskiej zbliżają się okresowo do wartości znanych z laboratoryjnych doświadczeń jako wartości wpływające szkodliwie na bardziej wrażliwe gatunki skorupiaków (rys. 4), które stanowią jedną z kilku podstawowych grup taksonomicznych biocenozy Morza Bałtyckiego, odgrywającą doniosłą rolę zarówno w planktonie, jak i w bentosie. Tak więc nie można wykluczyć negatywnego wpływu węglowodorów chlorowanych, a być może i innych związków toksycznych, na biocenozę i produktywność biologiczną Bałtyku. Obserwacje nad przybrzeżnymi zespołami makrofauny dennej pozwalają sądzić, iż zakres tego wpływu jest jednak dotąd niewielki i nie obejmuje otwartych wód polskiego wybrzeża.

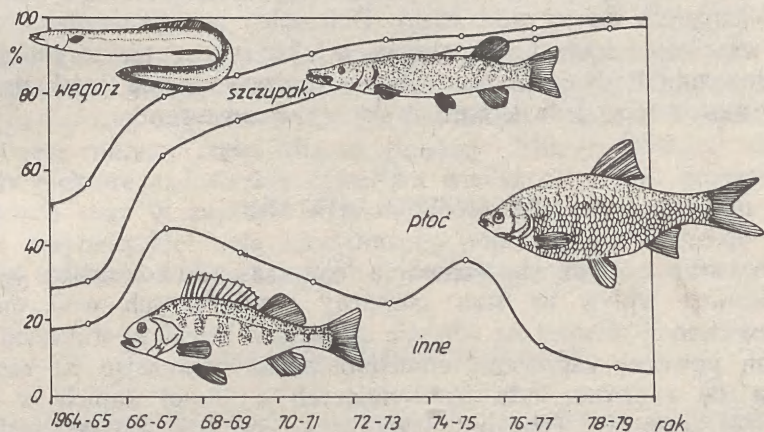


Rys. 4. Zakres toksyczności ostrej niektórych substancji chemicznych w stosunku do wybranych zwierząt bałtyckich (LC₅₀/24 godz. w temperaturze 15-18°C)

Dość wyraźne zmiany biologiczne zanotowano natomiast w rejonie Zatoki Gdańskiej, a zwłaszcza w jej zachodniej, silnie wypłyconej części — Zalewie Puckim. Stwierdzono tam wyraźne zubożenie jakościowe fitobentosu z praktycznym zanikiem brunatnic: morszczyna (*Fucus vesiculosus*) i strunki witikowej (*Chorda filum*) oraz ramienic: bałtyckiej (*Chara baltica*) i szorstkiej (*Chara aspera*), a także niektórych innych makrofitów, oraz znacznym przereźdzeniem populacji krasnorostów, zwłaszcza: widlika (*Furcellaria fastigiata*) i rozróżki (*Ceramium* sp.) [13]. Masowo rozwinęły się natomiast w Zalewie Puckim brunatnice: *Pylayella littoralis* i *Ectocarpus siliculosus*, na które w 1979 roku przypadało 92% biomasy wszystkich plechowców tego akwenu [2], podczas gdy dwadzieścia lat temu stanowiły one tam jedynie znikomy procent makroflory dennej. W biomase makrofauny dennej zmniejszył się wyraźnie udział skorupiaków z 10,2% w 1962 roku do 0,45% w 1979 roku. Szczególnie zmniejszyła się liczebność i biomasa skorupiaków bardziej wrażliwych na czystość wody, a szczególnie: *Bathyporeia pilosa*, *Leptocheirus pilosus*, *Melita palmata* i *Cyathura carinata*. Z brzegowej strefy Zalewu Puckiego ustąpiły ślimaki na rzecz wieloszczetów. W 1962 roku na najpłytszym dnie Zalewu Puckiego dominowała bowiem zdecydowanie pod względem biomasy błotniarka jajowata, *Lymnaea peregra*, natomiast w 1984 roku wodzącą rolę odgrywała nereida, *Nereis diversicolor*.

W Zalewie Puckim nastąpiły też bardzo wyraźne, niekorzystne zmiany w składzie łwionej tam ichtiofauny [8]. Do połowy lat sześćdziesiątych podstawowymi gatunkami użytkowymi były tam: węgorz (*Anguilla anguilla*) i szczupak (*Esox lucius*), na które łącznie przypadało 70% pozyskiwanych z tego akwenu ryb, natomiast w latach siedemdziesiątych zdecydowanym dominantem była mało wartościowa płoć *Rutilus rutilus* (rys. 5).

Oczywiście trudno jest wiązać przeobrażenia biocenotyczne obserwowane w Zatoce Gdańskiej z jednym rodzajem zanieczyszczenia. Są one zapewne wynikiem całego zespołu niesprzyjających czynników, wśród których pewną rolę odgrywa także opisany wcześniej proces eutrofizacji.



Rys. 5. Procentowe zmiany składu połowów rybackich w Zalewie Puckim w latach 1963-1979

Stosunkowo najwięcej informacji istnieje na temat zanieczyszczenia środowiska morskiego węglowodorami ropochodnymi. Transport ropy i jej produktów przez Morze Bałtyckie wzrasta z roku na rok, potęgując niebezpieczeństwo katastrofalnego wylewu do morza. Katastrofalne wylewy ropy naftowej są szczególnie groźne dla mórz zamkniętych, pozbawionych pływów morskich, w których spowodować mogą nieobliczalne wprost następstwa. Należy jednak podkreślić, iż statystyki światowe wskazują, że gros zanieczyszczeń olejowych przenika dotąd do morza nie podczas nagłych wypadków, lecz w czasie tzw. „normalnej eksploatacji statków”, zwłaszcza w postaci drobnych i niepozornych przecieków, bądź też w trakcie płukania i opróżniania zbiorników przeznaczonych do przewozu paliw płynnych lub wód balastowych.

Generalnie biorąc zanieczyszczenia ropochodne nie spowodowały dotychczas w Morzu Bałtyckim istotnych zmian biocenotycznych, jakkolwiek groźba taka ciągle istnieje. Trudno też obecnie mówić o wpływie tych zanieczyszczeń na biologiczną produktywność morza. W moim przekonaniu tylko w bardzo nielicznych przypadkach na ograniczonych przybrzeżnych

akwenach dochodziło do przejściowego, niewielkiego hamowania produkcji pierwotnej i wtórnej, jednakże brak jest dotąd bardziej wnikliwych obserwacji. Najbardziej widowym dowodem szkodliwego wpływu zanieczyszczeń na biocenozę Morza Bałtyckiego jest „zaraza oliwna” ptactwa wodnego lokalnie notowana wzdłuż polskiego побереża morskiego.

W wybranych przybrzeżnych akwenach południowego Bałtyku dają o sobie znać również niektóre inne rodzaje zanieczyszczeń, zwłaszcza fenole i detergenty. Związki fenolowe są przyczyną przykrego zapachu i smaku ryb odlawianych okresowo z Zalewu Szczecińskiego, powodując straty gospodarcze. Źródłem związków fenolowych są zanieczyszczone wody Odry, a ściślej biorąc elektrowni, gazowni i niektórych innych zakładów przemysłowych odprowadzających do jej wód ścieki. Detergenty przenikają do wód naturalnych wraz ze ściekami komunalnymi, a także wraz z niektórymi ściekami przemysłowymi. Badania nad stopniem zanieczyszczenia wód bałtyckich tymi substancjami są jednak bardzo słabo zaawansowane.

ZAGROŻENIA SANITARNE

Odprowadzane lokalnie bezpośrednio do morza ścieki komunalne wywierają też negatywny wpływ na stan sanitarny przybrzeżnych wód morskich, a w konsekwencji również na zdrowie człowieka. Ścieki te stwarzają przede wszystkim poważne zagrożenie epidemiologiczne, narażając na możliwość zarażenia się zarówno ludzi korzystających z letniej kąpeli w morzu, jak również żeglarzy i rybaków. Przeprowadzane w Zatoce Gdańskiej badania wskazują na potencjalną możliwość nie tylko infekcji wirusami i bakteriami chorobotwórczymi, lecz także zarażenia się człowieka pasożytniczymi robakami przewodu pokarmowego (*Ascaris* i *Enterobius*), groźnymi dla zdrowia pierwotniakami (amebami lub wiciowcami), czy wreszcie grzybami drożdżoidalnymi (np. *Candida albicans*), wywołującymi trudno uleczalne grzybice skórne.

Wiele organizmów chorobotwórczych wykazuje znaczną żywotność w środowisku morskim. Wirusy grypowe (*Coxsackie* i *Echo*), Heinego Medina (*Polimyelitis*) i zapalenia wątroby (*Hepatitis*) wykazują dużą przeżywalność w wodzie morskiej, bowiem w ciągu 48 godzin ginie ich zaledwie około 90%. Nie mniejszą przeżywalność w środowisku morskim wykazują jaja robaków pasożytniczych oraz bakterii z rodzaju *Salmonella* wywołujących choroby przewodu pokarmowego. Organizmy te znajdowano jeszcze w odległości 1500 m od miejsca zrzutu ścieków do środowiska morskiego.

Negatywny wpływ toksykantów i mikrobiologicznego skażenia wód przybrzeżnych uwidacznia się zresztą nie tylko szkodliwym wpływem na zdrowie człowieka, lecz także na stan zdrowotny ryb. Od szeregu lat pewien procent węgorzy, a także śledzi i dorszy południowobałtyckich ma ropiejące rany, które nierzadko prowadzą w ostateczności do ich śnięcia, czyli śmierci. W przypadku węgorza z rejonu Zatoki Gdańskiej w latach 1981 i 1982 przybrało to katastrofalne rozmiary, wyrazem czego były brzegi

dosłownie usłane martwymi, rozkładającymi się rybami. Ten katastrofalny pomór węgorzy zapoczątkował zresztą szeroko zakrojone wielokierunkowe i bardzo kosztowne badania, koordynowane przez Morski Instytut Rybacki w Gdyni, zmierzające do określenia przyczyn i środków zaradczych, które jednak nie przyniosły dotąd pożądanego efektu. Stwierdzono jedynie skażenie tkanek mięśniowych porażonych węgorzy bakteriami *Aeromonas hydrophila*, a także z grupy *Coli* i *Pseudomonas*, zdolnych do wytwarzania toksyn, które wniknęły do wnętrza tkanek wskutek naruszenia ciągłości barier ochronnych węgorza [4]. Warto dodać, iż poważniejsze zachorowania węgorzy w Zatoce Gdańskiej notowano już w latach 1933-1935 oraz 1951-1952, przy czym była to wówczas „rumienica węgorza” spowodowana bakteriami *Vibrio anguillarum*.

Wskutek znacznego skażenia sanitarnego środowiska morskiego od kilku lat zamkniętych jest szereg naszych plaż nadbałtyckich. Dotyczy to szczególnie najbardziej zagrożonej Zatoki Gdańskiej z Zatoką Pucką włącznie, z wyjątkiem znacznej części Mierzei Helskiej i Mierzei Wiślanej. Zamknięte są także niektóre nadmorskie kąpieliska wzdłuż otwartych brzegów Morza Bałtyckiego oraz w zasadzie wszystkie kąpieliska nad brzegami zalewów i jezior przybałtyckich. Na zdecydowaną poprawę trzeba będzie poczekać do czasu oddania do użytku pełnosprawnych oczyszczalni ścieków.

PRZEDSIĘWZIĘCIA OCHRONNE

W ramach przedsięwzięć zmierzających do ochrony środowiska Morza Bałtyckiego wyróżnić można dwa kierunki, tj. metody ochrony biernej i metody ochrony czynnej.

Metody ochrony biernej polegają na działalności profilaktycznej poprzez stworzenie zbioru przepisów, które stanowiłyby podstawę faktycznej ochrony przed zanieczyszczeniem morza, a w przypadku zaawansowanego stopnia zanieczyszczenia gwarantowałyby stopniową poprawę sytuacji sozologicznej. Najważniejszym dokumentem międzynarodowym stwarzającym realną szansę ochrony Morza Bałtyckiego przed postępującym zanieczyszczaniem jest Konwencja Helsińska o Ochronie Morza Bałtyckiego podpisana w marcu 1974 roku i obowiązująca od 1980 roku (jej ratyfikacja trwała aż 6 lat!). Konwencja ta obejmuje całość zagadnień związanych z ochroną morza przed wszelkiego rodzaju zanieczyszczeniami. W jej ramach wszystkie państwa nadbałtyckie podejmują szereg prac zmierzających do przywrócenia naturalnych warunków życia w morzu. Proces ten jest jednak trudny i długotrwały, a przede wszystkim bardzo kosztowny. Działalność poszczególnych państw nadbałtyckich obejmuje: prawodawstwo, zarządzanie, badania naukowe i kontrolne, informację, planowanie przestrzenne i współpracę międzynarodową.

Metody ochrony czynnej polegają na aktywnym zapobieganiu zanieczyszczania środowiska morskiego oraz czynnym zwalczaniu jego zanieczyszczeń. Aktywne zapobieganie zanieczyszczaniu morza sprowadza się do budowy, instalowania i prawidłowej eksploatacji wszelkiego rodzaju oczysz-

czalni ścieków oraz instalacji, zapobiegających przenikaniu do środowiska morskiego zanieczyszczeń lub odpadów przemysłowych i komunalnych. W grę wchodzi nie tylko przedsięwzięcia na statkach oraz na samym brzegu morskim, lecz także w głębi łądu, tj. praktycznie w obrębie całego dorzecza. Poczynania te zmierzają do rekultywacji środowiska morskiego, a więc do reeutrofizacji i reintoksykacji, czyli powrotu Morza Bałtyckiego do sytuacji istniejącej przed kilkudziesięciu laty.

Niezależnie od likwidacji przyczyn obecnej, nie najlepszej sytuacji, trwają przygotowania do zwalczania już istniejącego zanieczyszczenia morza, zwłaszcza w zakresie substancji ropopochodnych. Poszczególne państwa nadbałtyckie przygotowują się przy tym do podjęcia akcji likwidacji ewentualnych wylewów ropy naftowej w różnych strefach morza, tj. zarówno na morzu otwartym jak i w strefie przybrzeżnej oraz na samym brzegu morskim. Szczególną uwagę przywiązuje się do możliwości szybkiego podjęcia wspólnej międzynarodowej akcji na obszarze Morza Bałtyckiego, co w niejednym przypadku może okazać się nieodzowne.

WNIOSKI

1. Bałtyk, jako morze niewielkie i silnie odizolowane od wszechoceanu oraz otoczone państwami o stosunkowo dobrze rozwiniętej gospodarce narodowej narażone jest na szczególnie silny antropogeny wpływ.
2. W rezultacie nadmiernego dopływu substancji użyźniających obserwuje się w nim postępujący proces eutrofizacji, który intensyfikuje w poważnym stopniu biologiczną produktywność morza a także do połowy lat siedemdziesiątych — wydajność rybactw, przyczyniając się jednocześnie do powstawania pustyń głębinowych.
3. Skażenie ekosystemu Morza Bałtyckiego substancjami toksycznymi, jakkolwiek lokalnie dość znaczne, nie wpływa dotąd w istotny sposób na biologiczną produktywność otwartego morza.
4. Poważne zmiany biocenotyczne zanotowano natomiast w Zatoce Gdańskiej, a zwłaszcza w jej najpłytszej zachodniej części — Zalewie Puckim.
5. Zasadnicza poprawa sytuacji sozologicznej wymaga budowy pełnosprawnych oczyszczalni ścieków w pasie nadmorskim oraz w zlewni całego Morza Bałtyckiego.

LITERATURA

1. Andersin A. B., Sandler H. — *Recent changes in the macrozoobenthos communities in the deep areas of the Baltic proper and the Gulf of Finland*. Paper hold of the 8th Symposium of the Baltic Marine Biologists. Lund, 10-14 August: 1-15, 1983.
2. Błędzki L. A., Kruk-Dowgiałło L. — *Wieloletnie zmiany struktury bentosu Zatoki Puckiej*. Człowiek i Środowisko 7(1-2): 79-93, 1983.
3. Elwertowski J., Giedz M., Maciejczyk J. — *Zmiany w zawartości tłuszczu w szprotcie bałtyckim w ostatnim 25-leciu*. Stud. Mater. Oceanol. 15: 307-316, 1976.

4. Grawiński E. — *Charakterystyka mikrobiologiczna węgorka ze zmianami patologicznymi poławianego w 1981 r na Zatoce Puckiej i Zatoce Gdańskiej*. Biul. Mor. Inst. Ryb., nr 1-6(69-74): 14-16, 1982.
5. Larsson U., Elmgren R., Wulff F. — *Eutrophication and the Baltic Sea: Changes and consequences*. Ambio 14 (1): 9-14, 1985.
6. Mańkowski W. — *Zooplankton jako wskaźnik zmian zanieczyszczeniowych Bałtyku*. Stud. Mater. Oceanol. 15: 281-296, 1976.
7. Melvasalo T., Pawlak I., Grasshoff K., Thoren L., Tsiban A. — *Assessment of the effects of pollution on the natural resources of the Baltic Sea, 1980*. Baltic Sea Environ. Proc. 5B: 1-322, 1981.
8. Morawski M. S. — *Zmiany w strukturze ichtiofauny w przybrzeżnych wodach Zatoki Gdańskiej w okresie 1964-1979*. Stud. Mater. Oceanol. 39, Biol. Morza 6: 173-193, 1982.
9. Mulicki Z. — *Ekologia ważniejszych bezkręgowców dennych Bałtyku*. Pr. Mor. Inst. Ryb. 9A: 313-379, 1957.
10. Mulicki Z. — *Warunki środowiskowe wieloszczeta Harmothoe sarsi Kinberg w Bałtyku*. Ibidem 10A: 163-174, 1959.
11. Nabrzyski M., Gajewska R. — *Badania nad rtęcią u niektórych ryb słodkowodnych i bałtyckich poławianych głównie w latach 1971-1973*. Stud. Mater. Oceanol. 15: 47-68, 1976.
12. Piechura J. — *Wstępne wyniki badań biologiczno-sozologicznych Bałtyku latem 1981 r*. Biul. Mor. Inst. Ryb. nr 1-6 (69-74): 8-13, 1982.
13. Pliński M., Florczyk I. — *Changes in the phyto-benthos resulting from the eutrophication of the Puck Bay*. Limnologica (Berlin) 15(2): 325-327, 1984.
14. Renk H., Ochocki S. — *Primary production and chlorophyll in the Southern Baltic, 1979, 1980*. Ann. Biol. ICES 37: 50-51, 1982.
15. Trzosińska A. — *Factors controlling the nutrients balance in the Baltic Sea*. W: *Produktywność ekosystemu Morza Bałtyckiego*. Komit. Bad. Morza PAN, Ossolineum, Wrocław, str. 25-51, 1978.
16. Wiktor K. — *Zmiany produktywności biologicznej Bałtyku jako efekt postępującej eutrofizacji*. Wiad. Ecol. 21(2): 95-103, 1975.
17. Żmudziński L. — *The Baltic Sea pollution*. Pol. Arch. Hydrobiol. 22(4): 601-614, 1975.
18. Żmudziński L. — *Pollution problems of the Baltic Sea*. Pol. Ecol. Stud. 9(3): 397-415, 1983.

ZAGROŻENIE I ZANIECZYSZCZENIE WÓD PODZIEMNYCH

WSTĘP

Potęgująca się degradacja środowiska w coraz większym stopniu dotyczy wody, która należy do najważniejszych surowców nie tylko dla człowieka, ale również dla całej przyrody. Jeszcze stosunkowo niedawno (kilkadziesiąt lat temu) wody podziemne nie podlegały tak intensywnym zmianom, jak ma to miejsce obecnie. Ostatnie dziesiątki lat przyniosły bardzo istotne zwiększenie wpływu czynnika antropogenicznego na te wody. Rozwój przemysłu i rolnictwa, procesy urbanizacji i motoryzacji spowodowały ogromną ingerencję człowieka w środowisko wód podziemnych. Konieczne stało się wydobywanie coraz większych ilości tych wód, a jednocześnie procesy te stanowią dla nich duże zagrożenie. Wobec szybszego zanieczyszczania wód powierzchniowych coraz częściej sięgano do wód podziemnych, a ograniczona zdolność środowiska geologicznego, w tym wód podziemnych, do samooczyszczania została w wielu przypadkach przekroczona i coraz częściej dochodzi do ich zanieczyszczania. Ich naturalna odnawialność jest ściśle uzależniona od wielkości opadów i budowy geologicznej. Gwałtowny wzrost eksploatacji tych wciąż najlepszych jakościowo wód wywołuje więc drugi groźny skutek — nadmierne szczypanie ich zasobów, co prowadzi do obniżania się zwierciadła wody i powstawania głębokich lejów depresyjnych, a często również do pogarszania jakości wody. Tak więc degradacja zasobów wód podziemnych powodowana jest zarówno w sposób bezpośredni przez nadmierną eksploatację wody oraz w sposób pośredni przez zanieczyszczanie, które nie umniejsza wprawdzie zasobów wody, ale uniemożliwia jej wykorzystanie.

Potrzeba ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem oraz nadmierną eksploatacją znajduje zrozumienie nie tylko wśród specjalistów, lecz coraz wyraźniej u dużej części społeczeństwa. Nie jest to jednak zrozumienie powszechne, a zdarza się nawet, że czynniki gospodarcze odsuwają sprawę ochrony wód podziemnych na plan dalszy uznając je za mniej zagrożone niż wody powierzchniowe i powietrze. Stanowisko takie jest zdecydowanie błędne, gdyż zaniedbanie ochrony wód podziemnych może doprowadzić do zniszczenia ostatnich rezerw wód naturalnych o stosunkowo dobrej jakości i pozbawienia następnych pokoleń tych wód. Trzeba jednak

podkreślić, że ze względu na zmienne w czasie i przestrzeni zasoby wód podziemnych oraz skomplikowany charakter procesów ich zanieczyszczania, skuteczna ich ochrona jest bardzo trudna.

Ochroną wód podziemnych zajmują się w Polsce zarówno władze administracyjne, jak i placówki naukowo-badawcze oraz biura projektowe, ale działalność ta nie jest dotychczas dostatecznie skoordynowana i nie przynosi jeszcze potrzebnych efektów. Autor niniejszego artykułu podziela pogląd, że ochrona wód podziemnych jest problemem przede wszystkim geologicznym i może być skutecznie realizowana tylko przy udziale specjalistów z tej dziedziny. Zagadnieniem ochrony wód podziemnych zajmują się instytucje geologiczne w wielu krajach (Czechosłowacja, Francja, Węgry, ZSRR i inne).

Konieczność ochrony tych wód była szeroko dyskutowana m.in. przez hydrogeologów na Międzynarodowym Kongresie Geologicznym w Moskwie w 1984 roku. Polscy hydrogeolodzy nawiązali dość ściśle kontakty ze specjalistami z Czechosłowacji, gdzie w problematyce badania zanieczyszczeń i ochrony wód podziemnych specjalizuje się jedno z przedsiębiorstw geologicznych ("Geotest" w Brnie). W ramach tych kontaktów, firmowanych przez Centralny Urząd Geologii, odbyły się dwa sympozja polsko-czechosłowackie poświęcone ochronie wód podziemnych, a planuje się następne spotkania tego typu.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie charakterystyki zagrożeń i stanu zanieczyszczeń wód podziemnych na obszarze Polski. Aby ocena taka była wyczerpująca i jednoznaczna musi zawierać charakterystykę źródeł zanieczyszczenia i przyczyn nadmiernej eksploatacji zasobów oraz omówienie podatności wód podziemnych na zanieczyszczanie i rzeczywistych przejawów zanieczyszczenia. Zagadnienie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i nadmierną eksploatacją jest tak szerokie i skomplikowane, iż niniejszy artykuł należy traktować jako zasygnalizowanie najważniejszych aspektów tego zagadnienia.

W celu uniknięcia nieporozumień terminologicznych trzeba zaznaczyć, że pod pojęciem „zanieczyszczenie wody” rozumie się takie zmiany jej jakości (właściwości chemicznych, fizycznych lub stanu bakteryjnego), które wywołane są bezpośrednio lub pośrednio działalnością człowieka i powodują, że woda staje się mniej przydatna lub nieprzydatna do jednego lub wszystkich celów, jakim mogłaby służyć w swym stanie naturalnym.

PRZYZCZYNY ZAGROŻENIA I OGNISKA ZANIECZYSZCZENIA WÓD PODZIEMNYCH

Wpływ człowieka na wody ma długą historię i rozpoczął się on wraz z podjęciem przez człowieka działalności gospodarczej (uprawa roli, wypalanie lasów). Ale najwyraźniejszy i groźny dla ludzkości wpływ człowieka na wody podziemne wystąpił w XX wieku pod wpływem intensywnego rozwoju przemysłu i rolnictwa oraz wzrostu aglomeracji miejskich i liczby ludności. Niemal powszechne występowanie tych procesów spowodowało, że wody

podziemne znalazły się pod wpływem licznych i silnie działających czynników technogennych. Wpływ działalności człowieka dotyczy zarówno wielkości zasobów wód podziemnych, jak i ich jakości, przy czym coraz częściej ma on charakter nie tylko lokalny, lecz również regionalny, a nawet kontynentalny.

Skutki ingerencji człowieka w środowisko wód podziemnych można klasyfikować w różny sposób: według przyczyn ich powstawania, rodzaju i wielkości szkód itp. Zagadnienia te zostaną pominięte, a spośród ujemnych skutków tej ingerencji za najważniejsze należy uznać: 1) zubożenie zasobów, 2) zanieczyszczenie wód podziemnych.

ZUBOŻENIE ZASOBÓW

Zubożenie zasobów występuje przede wszystkim w rejonach poboru wód za pomocą dużych, wielootworowych ujęć oraz w strefach odwadniania złóż surowców stałych. Duże zmiany warunków hydrogeologicznych prowadzące do zubożenia zasobów, choć mniej istotne dla całej gospodarki wodnej, powstają pod wpływem eksploatacji ropy naftowej, wykonywania prac melioracyjnych oraz na terenach zabudowanych, gdzie występują istotne przeszkody w zasilaniu wód. Pojęcie „nadmiernej eksploatacji” jest względne, gdyż „nadmierność” związana jest z możliwością naturalnego, zmiennego w przestrzeni, uzupełniania zasobów wody. Mówiąc ogólnie, za nadmierną należy uznać taką eksploatację wód podziemnych, która powoduje długotrwale i duże zmiany warunków hydrogeologicznych. W praktyce zmiany te przejawiają się obniżeniem zwierciadła wody na znacznych obszarach i powstaniem rozległych lejów depresyjnych. Duży pobór wód za pomocą licznych studzien wierconych o głębokościach do 250 m w Warszawie i do 900 m w Łodzi spowodował na obszarach tych miast wytworzenie się obszernych i głębokich lejów depresyjnych, które uniemożliwiały pobór wód i stwarzały poważne zagrożenie dla warunków wodnych. Ograniczenie poboru wód podziemnych na obszarach tych miast pozwoliło na zahamowanie rozwoju leja (Warszawa), a nawet znaczną odbudowę zasobów i wypełnienie się leja (Łódź). Obniżanie się ciśnienia wód podziemnych, a nawet wyraźne leje depresyjne zostały zarejestrowane również w wielu innych miastach Polski (np. Gdańsk, Lublin, Radom, Radomsko). Tak więc zmiana warunków hydrogeologicznych pod wpływem skupionego poboru wód stała się w naszym kraju problemem ważnym i niepokojącym. Przykładem zmian warunków naturalnych, a zarazem wskazówką w zakresie koniecznych działań na rzecz ochrony wód podziemnych przed nadmierną eksploatacją, może być Warszawa. Kilkudziesięcioletnia eksploatacja wód z poziomu oligoceńskiego doprowadziła do zaniku wypływów artezyjskich (zwierciadło wody ponad powierzchnią terenu) w miejscach ich pierwotnego istnienia (Praga) i powstania leja depresyjnego o głębokości do kilkudziesięciu metrów w jego centrum. Wprowadzone kilka lat temu zarządzeniem Prezydenta Warszawy ograniczenia w eksploatacji wód z tego poziomu pozwoliły zahamować spadek zwierciadła wody na dużych obszarach miasta.

Wieloletnia eksploatacja częstochowskich złóż rud żelaza spowodowała obniżenie się zwierciadła wód na dużym obszarze. Zaniechanie eksploatacji wywołało w ostatnim okresie wypełnianie się leja depresyjnego, co prowadzi nawet do podtapiania budynków, wykonanych w okresie znacznego obniżania zwierciadła wód bez uwzględnienia ewentualności odbudowy ciśnień tych wód. Przykładem ogromnego wpływu górnictwa na zubożenie zasobów wód podziemnych oraz na zanieczyszczenie tych wód jest w Polsce Górny Śląsk, gdzie wpływ ten datuje się od wieków. Ale ogromne zmiany warunków hydrogeologicznych zaistniały również w nowych rejonach górniczych — w tarnobrzesckim i bełchatowskim. W tym ostatnim już obecnie obszar depresyjnego wpływu kopalni obejmuje 200 km², a przewiduje się, że w przyszłości (około 1990 r.) wpływ ten zaznaczy się na obszarze około 500 km² [2].

Szczególnie duże zubożenie zasobów wód podziemnych występuje na terenach takich miast, gdzie zaopatrzenie w wodę oparto głównie na tych wodach, a jednocześnie istnieje tam wodochłonny przemysł. Na terenach tych do zubożenia zasobów wód przyczynia się również odwadnianie wykopów budowlanych, które pomimo okresowego charakteru ma istotne znaczenie dla dużych terenów. W sumie można stwierdzić, że zbyt duże zasoby wód o dobrych parametrach jakościowych ulegają zniszczeniu podczas odwadniania kopalń i wykopów budowlanych.

Regulacja rzek i melioracja, które zbyt często mają za zadanie wyłącznie osuszenie gleb, powodują obniżenie zwierciadła wody podziemnej i zmniejszają retencję gruntową. W wielu rejonach kraju nadmierna eksploatacja wód podziemnych spowodowała lub może spowodować podciąganie ascenzyjne (z dołu) lub lateralne (z boku) wód zasolonych. Sytuacja taka istnieje na wybrzeżu morskim, przy czym w niektórych rejonach jest to zjawisko trwałe (teren Gdańska), a w innych — okresowe, związane z intensywnym poborem wody w okresie wypoczynkowym.

Nadmierna eksploatacja wód podziemnych powoduje często nie tylko szczyptywanie ich zasobów, lecz również duże i groźne zmiany powierzchni terenu. Na znacznych obszarach występują obniżenia terenu, które osiągają nawet kilka metrów. Powoduje to niekiedy duże szkody budowlane. Zjawiska takie o dużym nasileniu znane są z terenów Japonii, USA, ZSRR, ale występują one również w Polsce (np. szkody budowlane spowodowane osiadaniem gruntów pod wpływem eksploatacji dużego ujęcia wód podziemnych na Żuławach).

ZANIECZYSZCZENIE WÓD PODZIEMNYCH

Zanieczyszczenie wód podziemnych zawsze prowadzi do obniżenia jakości wody, ale w przypadku silnego zanieczyszczania powoduje również zmniejszenie zasobów wody, gdyż woda o bardzo złej jakości nie może być włączona do zasobów tego surowca. W literaturze można znaleźć różne definicje pojęcia „zanieczyszczenie wód podziemnych” [4]. Zanieczyszczenie

często utożsamiane jest ze złą jakością wody niezależnie od przyrodniczych czy antropogenicznych jej przyczyn (np. zanieczyszczonymi nazywa się wody o dużej, naturalnej zawartości związków żelaza). W niniejszym artykule pod zanieczyszczeniem rozumie się obniżenie jakości wody wyłącznie pod wpływem czynników antropogenicznych, niezależnie od tego, czy wskaźniki jakości przekraczają ich określone normy, czy też nie. Zanieczyszczenie wód podziemnych jest procesem pogarszania się jakości wody i należy wyróżniać w nim przynajmniej 2 etapy:

- wskaźniki jakości wykazują jej pogorszenie, ale odpowiadają normom;
- wskaźniki jakości wody przekraczają normy i woda wymaga uzdatniania.

Przy okazji wspomnianego normowania jakości wód warto wspomnieć, że normy polskie określają dopuszczalne wartości 41 wskaźników jakości wody przeznaczonej na cele pitne, a najczęściej wykonywane analizy wód obejmują około 20 wskaźników. Tymczasem istnieje około 600 substancji toksycznych, spośród których duża część może przedostawać się do wód podziemnych.

Główne przyczyny i ogniska (źródła) zanieczyszczenia wód podziemnych można klasyfikować i omawiać według różnych zasad, a między innymi według stopnia toksyczności substancji zanieczyszczających, wielkości ogniska zanieczyszczenia, powierzchni zanieczyszczenia i objętości zanieczyszczonej wody itp. W niniejszym artykule zagadnienie klasyfikacji przyczyn zanieczyszczenia zostanie pominięte, a omawia się przede wszystkim przyczyny najczęściej występujące i stwarzające największe zagrożenie. Do tych przyczyn należy zaliczyć przede wszystkim odpady i ścieki przemysłowe oraz komunalne, produkty naftowe, nawozy rolnicze i środki ochrony roślin, ogólnie rozumiane procesy urbanizacji, odpady radioaktywne oraz opady atmosferyczne, szczególnie tzw. „kwaśne deszcze”. W niektórych rejonach ważną rolę odgrywa również zmiana naturalnych warunków hydrogeologicznych pod wpływem działalności człowieka (np. dopływ wód słonych w wyniku eksploatacji ujęć komunalnych).

Zanieczyszczenia przemysłowe są bardzo różnorodne, gdyż powodują je zarówno substancje nieorganiczne, jak i organiczne. Najważniejszymi ogniskami i drogami zanieczyszczenia wód podziemnych są zrzuty ścieków przemysłowych, składowiska odpadów oraz emisje substancji toksycznych do atmosfery.

Ścieki i odpady przemysłowe zawierają wiele szkodliwych substancji organicznych (np. przemysł mleczarski, cukrowniczy, owocowo-warzywny), metali, w tym ciężkich oraz innych substancji rozpuszczalnych w wodzie. Niektóre z odpadów przemysłowych tworzą składowiska o bardzo dużej objętości (np. składowiska żużla i popiołu oraz odpadów kopalnianych), a inne, choć występują w niewielkiej ilości, są bardzo toksyczne (np. ścieki galwanizerskie). Warto przy tym zwrócić uwagę na małe obiekty, które ze względu na nieuporządkowaną gospodarkę ściekami stanowią duże zagrożenie dla wód podziemnych (małe galwanizernie, garbarnie itp.).

Burzliwy rozwój energetyki opartej w Polsce głównie na węglu sprawia, że powstają coraz potężniejsze składowiska żużla i popiołu. Dotychczasowe

badania wpływu tych składników na wody podziemne wykazały, że są to stosunkowo mało groźne odpady. Przy ocenie tego wpływu trzeba jednak uwzględniać ich dużą objętość i zajmowane powierzchnie oraz to, że odpady często transportowane są za pomocą wody w postaci tzw. pulpy, co powoduje infiltrację zanieczyszczonych wód nadosadowych w podłoże. W Polsce wokół największych składowisk odpadów paleniskowych prowadzi się obserwacje ich wpływu na wody podziemne i ten typ ognisk zanieczyszczeń jest kontrolowany w zadowalającym stopniu, choć zakres prowadzonych oznaczeń chemicznych nie jest dostatecznie szeroki.

Ze względu na ogromną objętość odpadów i bardzo zróżnicowany ich skład, groźnymi ogniskami zanieczyszczenia są wysypiska śmieci. Na terenie kraju czynnych jest ponad 650 wysypisk komunalnych i jeszcze większa liczba wysypisk wiejskich o łącznej powierzchni 2200 ha. Liczbę wysypisk kontrolowanych ocenia się na około 20.

Do najgroźniejszych dla wód podziemnych należą ogniska zanieczyszczeń produktami naftowymi. Zagrożenie to wiąże się zarówno z wielce ujemnym wpływem tych substancji na jakość wody*, jak i z powszechnym ich stosowaniem oraz dużą trwałością tych zanieczyszczeń i trudnościami z ich usunięciem. Na terenie RFN., ZSRR i Polski stwierdzono, że w utworach porowych zanieczyszczenia naftowe utrzymują się przez długi okres, nawet przez 30 lat. Na obszarze Polski istnieje kilkanaście tysięcy obiektów związanych z użytkowaniem, transportem, przeróbką i przechowywaniem produktów naftowych. Badania prowadzone przez instytucje podległe Centralnemu Urzędowi Geologii wykazały, że część tych obiektów (kilkadziesiąt lub więcej) stanowi ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych, a wiele tych obiektów w wyniku awarii może stać się takimi ogniskami. W kilku przypadkach ustalono bardzo duże zanieczyszczenie wód podziemnych tymi produktami, które obejmuje znaczne tereny i dyskwalifikuje wody do celów użytkowych (Lublin, Płock, Piła). Należy jeszcze podkreślić, że przemieszczanie się produktów naftowych w gruntach i wodach podziemnych znacznie różni się od migracji innych zanieczyszczeń, co stwarza istotne trudności w wykrywaniu i prognozowaniu rozprzestrzeniania się omawianych zanieczyszczeń oraz ich likwidacji.

Szczególne nasilenie wpływu różnorodnych ognisk zanieczyszczenia na wody podziemne ma miejsce na obszarach zurbanizowanych. Przemysł, motoryzacja, „ucieczki” z kanalizacji, a nawet intensywna uprawa gleb (warzywnictwo, sadownictwo) stwarzają wyraźną koncentrację czynników zagrażających wodom. W wyniku intensywnej eksploatacji wód podziemnych na terenie miast istnieją często leje depresyjne, co ułatwia dopływanie (ściąganie) zanieczyszczeń nawet ze znacznych odległości. Na terenach zurbanizowanych wykonuje się wiele otworów wiertniczych, w tym liczne studnie. Badania wykonane w USA (m.in. Floryda, Południowa Dakota, Kentuki) i na Węgrzech wykazały, że stare otwory studzienne i naftowe powodują pogorszenie się jakości wód podziemnych.

* Jeden naparstek ropy dyskwalifikuje 200 dm³ wody.

Na terenie niektórych miast (np. Brno) stwierdzono wzrost agresywności wód gruntowych. Występujący w nich jon SO_4^{2-} powoduje niszczenie betonu. W Warszawie, szczególnie na obszarze Śródmieścia, Woli i Pragi notuje się w wielu miejscach wzrost zawartości chlorków, siarczanów, azotynów i azotanów oraz podwyższoną niekiedy ponad 1 g/dm^3 suchą pozostałość. Jako przykład można podać, że w wodach z utworów czwartorzędowych na terenie Zakładów Tuszczowych w Warszawie stwierdzono siarczany w ilości do 570 mg/dm^3 i suchą pozostałość do 1663 mg/dm^3 , zaś w „Inco” na Żeraniu przez dłuższy czas woda zawierała znaczne ilości fenoli. Nie jest przedmiotem niniejszej pracy omawianie takiego problemu bardziej dokładnie, warto tylko podkreślić, że na obszarze Warszawy zasadniczymi przyczynami zanieczyszczenia wód podziemnych są: zrzuty i ucieczki wód kanalizacyjnych i przemysłowych, nieskanalizowane obszary tzw. wielkiej Warszawy i przyległych osiedli, intensywne nawożenie gleby w ogrodach i na polach rejonu Warszawy, rozwój motoryzacji oraz wiele innych czynników. Zanieczyszczenie wód podziemnych na terenach miejskich stwierdzono również w innych miastach Polski. Zjawiska te nie mają jeszcze charakteru katastrofalnego, ale są już wyraźne, a niekiedy groźne. Dalszy rozwój urbanizacji i uprzemysłowienia pociągnie za sobą dalszy wzrost zagrożenia i zanieczyszczenia wód podziemnych. Wpływ licznych ognisk zanieczyszczenia na terenach miast coraz częściej powoduje taką sytuację, iż najpłycej występujące wody mają wyższą mineralizację niż wody w warstwach występujących głębiej.

Na terenach miejskich stwierdza się w ostatnich latach nowy przejaw wpływu działalności człowieka na wody podziemne, a mianowicie „zanieczyszczenie termiczne”. Pod określeniem tym rozumie się pewny wzrost temperatury wody pod wpływem czynników antropogenicznych (rurociągi z ciepłą wodą, ogrzewanie głębokich piwnic, metro). Tak rozumiane zanieczyszczenie stwierdzono m.in. w Karlsruhe (RFN) i w Moskwie.

Duże i wciąż wzrastające zagrożenia dla wód podziemnych wiążą się z szeroko rozumianą produkcją rolniczą. Zagrożenia te są różnorodne, gdyż wynikają zarówno z nawożenia gleb, jak i ze stosowania środków ochrony roślin oraz z zagospodarowania dużych ilości gnojowicy pochodzącej z ferm hodowlanych. Trzeba również podkreślić, że ogniskami zanieczyszczenia wód podziemnych bywają również same zabudowania rolnicze i ich najbliższe otoczenie (złe składowanie obornika i nawozów sztucznych, gnojowica itp.). Nawożenie gleb jest oczywistą koniecznością, ale badania prowadzone w wielu krajach (m.in. Bułgaria, Czechosłowacja) wykazały, że przenika do wód podziemnych zazwyczaj duża część nawozów (do 30, a nawet 50%) i zależy ona od rodzaju gleb i podglebia oraz od dawkowania nawozów i terminów ich wysiewania. Nieprawidłowe (bez uwzględnienia rodzaju gleb i roślin) nawożenie gleb tworzy najbardziej wieloprzestrzenne ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych, choć w pewnym stopniu sezonowe i o mniejszej intensywności wpływu niż ogniska związane z przemysłem.

Zanieczyszczenie rolnicze prowadzi przede wszystkim do wzrostu zawartości w wodach podziemnych związków azotu, głównie azotanów. Zjawisko to

dotyczy przede wszystkim wód występujących najpłycej (tzw. wody gruntowe) i zostało zarejestrowane w wielu krajach, w tym również w Polsce. Ze względu na duże natężenie tego procesu i groźny dla ludzi i zwierząt wpływ związków azotu, masowe zwiększanie się ich zawartości w wodach podziemnych określa się nawet mianem „bomby azotanowej”. Oprócz związków azotu zanieczyszczenia rolnicze przejawiają się również obecnością w wodzie fosforanów i pestycydów.

Choć brzmi to nieco paradoksalnie, coraz częściej przyczyną zanieczyszczenia wód podziemnych stają się opady atmosferyczne, szczególnie w rejonach uprzemysłowionych. Silne zanieczyszczenie opadów stwierdzono w wielu rejonach świata, a m.in. na Górnym Śląsku i w tzw. polskim zagłębiu miedziowym. Szczególnie dużą rolę w zanieczyszczeniu wód podziemnych odgrywają tzw. „kwaśne deszcze” (pH wynosi 3,5-5,5), które są groźne ze względu na zawarte w nich zanieczyszczenia oraz z uwagi na zdolność do rozpuszczania substancji zawartych w glebie i podglebiu [3].

Do zanieczyszczenia wód podziemnych, a ściślej mówiąc ich zasolenia, dochodzi w rejonach przybrzeżnych, zarówno pod wpływem sztormów, jak i w przypadkach intensywnej eksploatacji wód w pobliżu brzegu morskiego. Ingresje wód morskich osiągają odległość do kilku, a nawet kilkudziesięciu kilometrów. Poważne trudności w eksploatacji wód podziemnych (zasolenie) wywołane ingresją wód morskich występują w Indiach, na Litwie (Kłajpeda), w USA, Wietnamie, we Włoszech (przenikanie wód morskich na odległość do ponad 20 km). W Polsce również znane są ingresje morskie wywołane sztormami, jak i eksploatacją wód podziemnych.

Z powyższych informacji wynika, że na obszarze Polski istnieje wiele różnorodnych czynników zagrażających jakości wód podziemnych, a nawet degradujących tę jakość. Zanieczyszczenie i zagrożenie dotyczy przede wszystkim wód występujących w zbiornikach przypowierzchniowych.

STOPIEŃ PODATNOŚCI WÓD PODZIEMNYCH NA ZANIECZYSZCZENIE

Powstanie zanieczyszczenia wód podziemnych uzależnione jest nie tylko od istnienia jego ognisk, ale również od warunków hydrogeologicznych, a ściślej od stopnia odizolowania warstwy wodonośnej od wpływu czynników powierzchniowych. Skuteczność takiego odizolowania uzależniona jest od kilku czynników, a głównie od miąższości warstwy izolującej, jej współczynnika filtracji oraz od zdolności migracyjnych substancji zanieczyszczających w utworach o niskiej przepuszczalności. Ogólnie można stwierdzić, że im grubszy i mniej przepuszczalny jest nakład nad warstwą wodonośną, tym woda jest mniej narażona na zanieczyszczenie.

Dużą część kraju zajmują obszary, gdzie główny poziom wodonośny nie ma izolacji w stropie. Do obszarów tych należy duża część poziomów czwartorzędowych, a głównie doliny rzeczne, sandry, duża część zapadliska przedkarpackiego oraz tereny piasków lodowcowych i wodnolodowcowych

występujących płytko. Poziomy trzeciorzędowe są zazwyczaj dobrze odizolowane i z wyjątkiem obszarów zasilania nie wymagają szczególnych środków ochrony przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu. Szczególnie duże niebezpieczeństwo zanieczyszczenia wód wiąże się z odkrytymi poziomami w utworach szczelinowych kredy (głównie Lubelszczyzna), jury (tzw. jura częstochowska), triasu (obrzeżenie Gór Świętokrzyskich) i dewonu (Góry Świętokrzyskie). W tych utworach migracja zanieczyszczeń jest bardzo łatwa, gdyż procesy absorbowania zanieczyszczeń nie odgrywają niemal żadnej roli. Wymienione obszary wymagają szczególnej ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem. Znaczną część kraju stanowią obszary, gdzie wody podziemne występują pod utworami, które tylko częściowo izolują je od wpływu powierzchniowych ognisk zanieczyszczenia. Wody występujące w poziomach pod grubym przykryciem glin zwałowych, a szczególnie ilów plioceńskich, można uznać za dobrze zabezpieczone przed zanieczyszczeniem.

STAN ZANIECZYSZCZENIA I ZAGROŻENIA WÓD PODZIEMNYCH NA TLE ICH NATURALNEJ JAKOŚCI

W Polsce brak jest ogólnokrajowego systemu rejestracji przejawów zanieczyszczenia wód podziemnych. Poszczególnymi przypadkami tych zanieczyszczeń zajmują się różne instytucje. Taki stan nie pozwala na przeprowadzenie analizy przyczyn zaistnienia i rozprzestrzeniania się każdego zanieczyszczenia oraz nie sprzyja sformułowaniu uogólniających wniosków w sprawie przeciwdziałania zanieczyszczeniom.

Ogólna ocena stanu zanieczyszczenia i zagrożenia wód podziemnych na obszarze Polski została sformułowana przez grono polskich specjalistów podczas II Polsko-Czechosłowackiego Sympozjum nt. „Ochrona wód podziemnych przed zanieczyszczeniem produktami naftowymi i przemysłowymi”, które odbyło się 23-26 kwietnia 1985 roku w Radkowie woj. wałbrzyskie [1]. Przedstawiona niżej opinia, choć szersza, jest zgodna z oceną wypracowaną w Radkowie.

Wody zwykłe, tj. takie, których mineralizacja nie przekracza 1 g/dm^3 , występują w Polsce do bardzo różnych głębokości. W niektórych rejonach kraju (np. Żuławy, fragmenty strefy przy morskiej) niemal od powierzchni terenu występują wody słone, a w niecce łódzkiej oraz obniżeniu podlaskim strefa wód zwykłych sięga 1000-1200 m. Ograniczenie tej strefy od dołu stanowią zazwyczaj wody słone, a tylko w niektórych rejonach Karpat i Sudetów — wody zgazowane dwutlenkiem węgla i wody siarczanowe lub siarkowodorowe.

Występujące na obszarze Polski wody podziemne w stanie naturalnym wykazują różną jakość. Najczęściej ich jakość można określić jako średnią, gdyż nie odpowiada ona normom dla wód pitnych, ale jednocześnie nie wymaga stosowania drogiego uzdatniania wody. Około 70% wód podziemnych występujących w głównych poziomach wodonośnych charakteryzuje się ponadnormatywną zawartością żelaza. Często nadmierna jest również zawartość

manganu. Właśnie te składniki najczęściej powodują, że ujmowana woda wymaga uzdatniania, tj. odżelaziania i odmanganiania. Znacznie rzadziej konieczne jest stosowanie bardziej skomplikowanego uzdatniania (zmiękczenie, demineralizacja, usuwanie amoniaku itd.).

Najgorszą jakością w stanie naturalnym charakteryzują się wody w utworach czwartorzędu na Żuławach, gdzie stwierdza się bardzo dużą zawartość żelaza (do 100 mg/dm^3) i manganu oraz wyraźne zasolenie wód. Wody występujące w utworach miocenu wykazują w wielu rejonach Nizy wysoką barwę związaną z lignitem obecnym w utworach wodonośnych. Wody o niekorzystnych wskaźnikach jakości występują również w wielu małych rejonach (np. zabagnione odcinki dolin rzecznych).

Istnieją również takie wody podziemne, które nie wymagają żadnego uzdatniania przed skierowaniem ich do sieci wodociągowej (np. na Lubelszczyźnie). Wbrew obiegowym sądom nie należą do nich wody poziomu oligoceńskiego na terenie i w rejonie Warszawy, gdyż zawierają one nadmierne ilości żelaza, a w dalszych odległościach od Warszawy bywają również zasolone.

Ze względu na brak pełnego rozpoznania ocena stanu zanieczyszczenia wód podziemnych musi mieć charakter ogólny. Należy ją rozpocząć od stwierdzenia, że obecny stopień zanieczyszczenia tych wód jest ogólnie znacznie mniejszy niż zanieczyszczenia wód powierzchniowych. Wody podziemne wciąż stanowią ważną i dużą rezerwę najlepszych jakościowo wód.

Zanieczyszczenie wód podziemnych, rozumiane jako stan kłęski ekologicznej, nie objęło jeszcze większych obszarów kraju i ma charakter punktowy wokół pojedynczych ognisk zanieczyszczenia. Liczbę tych ognisk w poszczególnych województwach można oceniać na kilkadziesiąt, a nawet kilkaset. Natomiast zanieczyszczenie traktowane jako pogorszenie jakości pod wpływem czynników antropogenicznych staje się coraz bardziej zjawiskiem wielkoprzestrzennym i obejmuje już znaczne obszary. Stwierdzenie to dotyczy głównie pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego, szczególnie w przypadku braku izolacji w jego stropie. Te wody przyjmują główną część zanieczyszczeń. Na terenie kraju zarejestrowano kilka tysięcy przypadków tak rozumianego zanieczyszczenia wód podziemnych i gruntów.

Zanieczyszczenia wielkoprzestrzenne wystąpiły na Górnym Śląsku, w Warszawie, w rejonie Tarnobrzega, we Wrocławiu, Płocku, Częstochowie i Lublinie. O dużych obszarach zanieczyszczenia, a przynajmniej zagrożenia, można mówić w niektórych rejonach intensywnej gospodarki rolnej (np. rejon podwarszawski). Szczególnie wyraźnie zarysowuje się w tych rejonach wzrost zawartości azotanów, które osiągają kilkadziesiąt, sporadycznie do 200 mg/dm^3 przy normie 10 mg N/dm^3 . Dotyczy to wód występujących na niewielkich głębokościach, ale coraz częściej znaczne ilości azotanów lub amoniaku stwierdza się na znacznych głębokościach, w tym nawet przy ujęciach komunalnych i w wodach leczniczych.

Powierzchnia zanieczyszczenia wód podziemnych jest odpowiednim wskaźnikiem powszechności danego zjawiska, ale nie może być uznana za główny miernik zagrożeń związanych z tym zanieczyszczeniem. W wielu przypadkach

zanieczyszczenia o charakterze lokalnym są znacznie groźniejsze dla gospodarki wodnej, a nawet dla zdrowia i życia ludzkiego (np. zanieczyszczenia chromem, ściekami komunalnymi) niż szersze, lecz mniej toksyczne zanieczyszczenie.

Z przedstawionych informacji o istnieniu licznych ognisk potencjalnego zanieczyszczenia wód podziemnych oraz o dużych obszarach, gdzie wody te nie są dostatecznie odizolowane od wpływu z powierzchni terenu, wynika jasno, że zagrożenie, rozumiane jako możliwość powstania zanieczyszczenia wód podziemnych, jest duże na obszarze Polski. Zagrożenie to dotyczy przede wszystkim wód występujących w zasobnych zbiornikach przypowierzchniowych, szczególnie w utworach o dużej przepuszczalności (skały szczelinowe).

KONIECZNE KIERUNKI DZIAŁANIA W ZAKRESIE OCHRONY WÓD PODZIEMNYCH

Ochrona wód podziemnych jest w Polsce prawnie zapewniona, ale w działalności praktycznej jest niedostatecznie efektywna. Ochrona tych wód ma bezpośredni związek ze zdrowiem i poziomem życia społeczeństwa. Dlatego też jest to bardzo ważny problem naukowy, techniczny i społeczny. Musi on być rozwiązywany na różnych płaszczyznach wysiłkiem całego społeczeństwa. Działalność w tym zakresie nie może być traktowana jako jednorazowa akcja, lecz musi to być ściśle zaprogramowana ciągła praca naukowa, szkoleniowo-propagandowa (m.in. konieczność uświadomienia tych zagadnień całemu społeczeństwu), inwestycyjna, legislacyjna itp. Szeroka działalność na rzecz ochrony wód podziemnych musi być podjęta szybko, prowadzona konsekwentnie i w sposób skoordynowany. Sprawa ta musi uzyskać wysoką rangę społeczną oraz należne jej miejsce w planach badawczych i gospodarczych. Bez takiej działalności wody podziemne zostaną zniszczone i wiele pokoleń Polaków będzie musiało pracować nad uzupełnieniem ich zasobów i przywracaniem odpowiedniej jakości.

Szczegółowy program działalności w zakresie ochrony wód podziemnych może powstać tylko wspólnym wysiłkiem wielu specjalistów. Dlatego też niniejszy tekst należy traktować jako głos w dyskusji, która w środowisku hydrogeologów już się rozpoczęła. Wszystkie programy działalności muszą być oparte na opiniach wolnych od poglądów skrajnych, sprowadzających się bądź to do negacji zanieczyszczenia wód podziemnych, bądź też do ogłaszania wszystkich wód za zanieczyszczone i wzywania do obejmującej obszar całego kraju ochrony rozumianej jako całkowity zakaz działalności przemysłowej i wprowadzenie ograniczeń w nawożeniu gleb.

Działalność dotycząca ochrony wód podziemnych musi obejmować:

1. Zorganizowanie monitoringu zanieczyszczeń wód podziemnych oraz zapewnienie przeprowadzania analizy przyczyn i sposobów likwidacji powstałych zanieczyszczeń.
2. Stan rozpoznania geologicznych warunków migracji zanieczyszczeń na obszarze Polski nie jest dostateczny. W związku z tym należy prowadzić

odpowiednie badania eksperymentalne w laboratoriach i na poletkach doświadczalnych.

3. W wielu rejonach kraju stwierdza się niepokojący wzrost zawartości związków azotowych w wodach podziemnych. Zjawisko to stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzkiego i konieczne jest podjęcie szczegółowych badań w tym zakresie. Prace powinny pójść w kierunku ustalenia najważniejszych terminów i dawek wysiewania nawozów w zależności od rodzaju gleby i warunków hydrogeologicznych. Wyniki tego typu prac w innych krajach (np. Bułgaria) zdają się wskazywać na możliwość złagodzenia sprzeczności między koniecznością intensywnego nawożenia gleb a wymaganiami ochrony wód podziemnych i utrzymania właściwych relacji między „produkcją chleba” a czystością wód.
4. Konieczne jest dokonanie zmian w przepisach dotyczących wyznaczania i zagospodarowania stref ochrony wokół ujęć wód podziemnych.
5. Wyznaczanie stref ochrony wokół ujęć nie jest wystarczające dla zapewnienia skutecznej ochrony wód podziemnych. Konieczne jest również utworzenie obszarów ochrony wód podziemnych, obejmujących szczególnie strefy ich zasilania. Podstawą wyznaczania takich stref jest ustawa o ochronie i kształtowaniu środowiska (dział II, rozdz. 2, art. 21, Dz.U. nr 3 z 1980 r.). W celu stworzenia przesłanek merytorycznych do formalnego utworzenia obszarów ochronnych wód podziemnych należy niezwłocznie rozpocząć prace nad wyznaczeniem tych obszarów na podstawie kryterium hydrogeologicznego. Szczególnej ochronie powinny podlegać zbiorniki lub ich fragmenty o dużych zasobach wód i dobrej ich jakości. Typowanie zbiorników lub ich fragmentów (np. stref zasilania) podlegających szczególnej ochronie powinno uwzględniać stopień zagrożenia poziomów wodonośnych, wynikający z istniejących warunków hydrogeologicznych.
6. Instytucje zajmujące się badaniami zanieczyszczeń wód podziemnych nie dysponują nowoczesną aparaturą i sprzętem laboratoryjnym. W tym zakresie pozostają one w tyle za ośrodkami analogicznych badań, np. w Czechosłowacji.
7. Konieczne jest podjęcie prac badawczych i wdrożeniowych w zakresie metod prewencji i likwidacji zanieczyszczeń (metody hydrauliczne i biologiczne, ekranowanie itp.).
8. Lokalizowanie obiektów stanowiących zagrożenie dla wód podziemnych musi w większym stopniu niż dotychczas uwzględniać warunki hydrogeologiczne. Powinno to znaleźć wyraz w wymaganiach formalnych w czasie projektowania tych obiektów, jak i w tematyce badań.
9. Ze względu na ograniczone zasoby wód podziemnych, należy bardziej rygorystycznie ograniczać zużycie tych wód na inne cele, niż zaopatrzenie ludności w wodę pitną oraz potrzeby przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Na wodochłonne zakłady przemysłowe należy nałożyć obowiązek wdrażania zamkniętych obiegów wody.

LITERATURA

1. Kościelniak St., Płochniewski Z. — *II Polsko-Czechosłowackie Sympozjum na temat „Ochrona wód podziemnych przed zanieczyszczeniem produktami naftowymi i przemysłowymi”*. Przegl. Geol., 1985 (w druku).
2. Paczyński B. — *Zasoby zwykłych wód podziemnych na obszarze kraju i kierunki badań regionalnych dla ich uściślenia*. Materiały Krajowej Konferencji Geologicznej „Geologia gospodarcze narodowej — polityka gospodarowania zasobami kopalin i wód podziemnych w Polsce”. Warszawa, 4-5 czerwca 1985. Wyd. AGH., Kraków. str. 185-193, 1985.
3. Vrba J., Jiřele V., Balek J. — *Ekologiczeskije posledstwija wlijanija technogiemnych faktorow na kaczestwo podziemnych wod*. Materiały 27 Światowego Kongresu Geologicznego. Sekcja S. 16. Hydrogeologia 16: 92-104. Moskwa, 1984.
4. Kleczkowski A. S. (red.) — *Ochrona wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa, 1984.

CHEMICZNE ZANIECZYSZCZENIE GLEB

WSTĘP

Gleba zajmuje szczególną pozycję pośród elementów biosfery. Jest ona głównym ośrodkiem gromadzenia większości chemicznych substancji i pierwiastków zanieczyszczających środowisko przyrodnicze i stanowi pewnego rodzaju filtr ochronny zarówno dla składników migrujących do wód, jak i dla pierwiastków lub związków lotnych, przedostających się do powietrza atmosferycznego. Gleba spełnia ponadto podstawową rolę przy produkcji biomasy, a także oddziałuje w pewnym zakresie na klimat. Tak więc, należy glebę uznać na najwyższej wartości naturalne bogactwo przyrodnicze kraju. Przy racjonalnym użytkowaniu i zachowaniu wymogów ochrony, walory gleb powinny być niezniszczalne i odnawialne.

Współczesne zagrożenia zarówno powierzchni, jak i jakości gleb uprawnych znacznie nasilają się i mogą osiągnąć niebezpieczny poziom. Przyczyną obserwowanego procesu jest w dużym stopniu niewystarczająca wiedza o złożonej biogeochemicznej równowadze utworów glebowych i lekceważenie praw ekologicznych oraz niedostateczna ochrona urodzajnych gleb rolniczych przed niszczeniem ich walorów przyrodniczych oraz przed przeznaczaniem ich na cele nierolnicze.

Zakłócenia w funkcjonowaniu złożonego systemu procesów glebowych wpływają niekorzystnie na przyrodniczy obieg pierwiastków, ograniczając lub zwiększając ich przyswajalność dla roślin, a także przyspieszając ich transport do wód. Gleby zdegradowane chemicznie (tzn. o wadliwym składzie chemicznym) wykazują także istotne deformacje aktywności biologicznej i niekorzystne zmiany właściwości fizycznych. Gleby takie stają się bardziej podatne na erozję wodną i powietrzną.

Wymienione procesy doprowadzają stopniowo do spadku żyzności gleb, co w wielu przypadkach jest trudno lub wcale nieodwracalne. W konsekwencji braku lub niewłaściwej ochrony gleb przed zanieczyszczeniami chemicznymi następuje spadek produkcji żywności, i pogorszenie jej jakości pokarmowej.

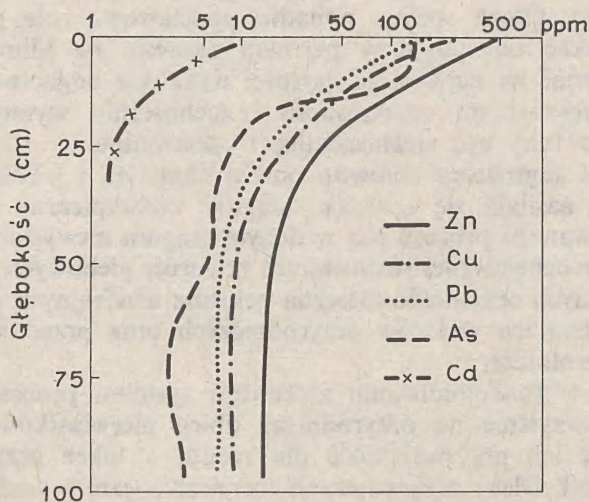
Wpływ antropogenicznych czynników na chemiczne właściwości gleb zaznacza się głównie w zmianach odczynu gleb (zakwaszanie lub alkalizacja);

w akumulacji pierwiastków śladowych, a zwłaszcza metali w powierzchniowych poziomach; a także w zaburzeniach biologicznej (mikrobiologicznej) aktywności gleb.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA GLEB

Chemiczne zanieczyszczenia gleb, a zwłaszcza gleb użytków rolnych, nasiliło się znacznie w ostatnim dziesięcioleciu. Przyczyną tego zjawiska jest zarówno stały wzrost wydobycia surowców mineralnych i ich przeróbka, jak i intensyfikacja rolnictwa oparta na chemizacji. Do najbardziej destrukcyjnie działających czynników zalicza się zanieczyszczenia siarką i jej związkami oraz zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi. Również tlenki azotu i ozon oraz węglowodory policykliczne i pestycydy mogą działać szkodliwie na glebę.

Degradacja chemicznych właściwości gleb wiąże się z dwoma głównymi procesami, a mianowicie z zakwaszeniem (powodowanym głównie przez opad związków siarki i stosowaniem nawozów mineralnych o działaniu zakwaszającym) oraz ze wzrostem zawartości pierwiastków śladowych (rys. 1).



Rys. 1. Wpływ 15-letniego stosowania ścieków bytowych na pionowe rozmieszczenie metali śladowych w glebie oraz wpływ przemysłu metalurgicznego na nagromadzenie arsenu w powierzchniowym poziomie gleb [9]

Źródłem tych pierwiastków są przede wszystkim emisje przemysłowe, a także odpady bytowe i przemysłowe stosowane do nawożenia i wapnowania gleb.

Udział kwaśnych gleb w użytkach rolnych w kraju jest znaczny i wynosi aż 58% w grupie gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych o $\text{pH} < 5,5$ [11]. W kwaśnych glebach, najczęściej o lekkim składzie mechanicznym

wzrasta nadmiernie ilość ruchomego glinu, a jednocześnie spada ilość kationów o charakterze zasadowym. Podatność takich gleb na niekorzystne skutki zanieczyszczeń chemicznych jest duża, a żyzność ich ulega szybko ograniczeniu.

Polska znajduje się w rejonie Europy o największym zanieczyszczeniu związkami siarki, które powodują zakwaszenie gleb. Według obliczeń podanych przez Hightona i Chadwicka [6] na obszar Polski opada rocznie ostatnio 2825 tys. ton SO_2 , z czego 36% pochodzi z własnych źródeł emisji. Dopływ SO_2 z obcych źródeł pochodzi głównie z NRD (17%), Czechosłowacji (13%) i Związku Radzieckiego (8%). Według Rejman-Czajkowskiej [17] przy przeciętnym w kraju strumieniu SO_2 (w klasie $11-20 \text{ t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$) dostają się do gleb różne ilości siarki, w zależności od pokrywy roślinnej i wynoszą one (w $\text{t km}^{-2} \text{ rok}^{-1}$) dla agrocenoz — 19, dla lasów iglastych — 24, a dla lasów liściastych oraz mieszanych — 33.

Kates [12] dokonał oceny globalnego zagrożenia środowiska przyrodniczego przez substancje chemiczne i wymienił je w kolejności malejącego stopnia ryzyka:

- siarka i jej związki,
- radionuklidy,
- pestycydy i produkty ich rozkładu,
- kadm i jego związki,
- azotany i azotyny,
- rtęć i jej związki,
- ołów i jego związki,
- węglowodory policykliczne i inne produkty ze spalania biolitów,
- fluor i jego związki,
- arsen i jego związki.

Degradujący wpływ wymienionych substancji na chemiczne i biologiczne właściwości gleby zależy od złożonych warunków lokalnych i powinien być zawsze ustalany dla określonego ekosystemu i okresu.

ZANIECZYSZCZENIA PRZEMYSŁOWE

Pierwotnym źródłem zanieczyszczenia siarką i pierwiastkami śladowymi środowiska przyrodniczego jest wydobywanie i przeróbka surowców mineralnych oraz spalanie surowców energetycznych. Pierwiastki uruchamiane przy tych procesach zostają włączone dodatkowo w naturalny obieg przyrodniczy i do gleb dostają się w wyniku następujących zjawisk:

- opadanie pyłowych zanieczyszczeń atmosferycznych oraz substancji rozpuszczonych w wodzie deszczowej,
- spływ ścieków przemysłowych,
- wodna migracja ze zwałowisk odpadów stałych lub ze zbiorników odpadów płynnych,
- zapylenie ze zwałowisk stałych,

— lokalnie wzdłuż ciągów komunikacyjnych i taśmociągów transportowych, w wyniku opadania gazów spalinowych oraz wskutek zapylenia.

Działalność wielu zakładów przemysłowych jest źródłem określonych pierwiastków śladowych wprowadzanych w nadmiernych ilościach do środowiska przyrodniczego. Największe ich ilości emitują huty metali nieżelaznych oraz elektrownie węglowe i rafinerie ropy naftowej, a główną przyczyną tego zjawiska jest niska efektywność urządzeń odpylających i niewłaściwe technologie. Takie i inne obiekty przemysłowe, a przede wszystkim przemysł szklarski i ceramiczny, papierniczy i garbarski, fabryki nawozów i cementownie, galvanizacje i wytwórnie farb mogą być przyczyną chemicznej degradacji otaczających gleb.

Tabela 1

Zakresy naturalnych zawartości pierwiastków śladowych i ich stężenia w zanieczyszczonych glebach rejonów przemysłowych

Pierwiastek	Całkowita zawartość w glebach (ppm) ^a		
	zakres naturalny (najczęstszy)	zakres w glebach zanieczyszczonych ^b	dopuszczalne stężenie
Cynk	20—50	300—1000 (20 000)	300
Fluor	100—400	1500—3200 (13 200)	1000
Kadm	0,2—1	10—40 (280)	5
Miedź	5—20	100—300 (1200)	100
Ołów	10—40	100—500 (4650)	100

Z różnych źródeł [9, 10].

^a ppm = mg kg⁻¹ = µg g⁻¹

^b W nawiasach podano zawartości maksymalne.

Zanieczyszczenia przemysłowe oddziałują na gleby zarówno lokalnie, jak i na znaczne odległości. Lokalny wpływ przemysłu na gleby jest stosunkowo szybko zauważalny, a zasięg jego uzależniony różnymi czynnikami technicznymi i przyrodniczymi. często występuje w promieniu od 2 do 5 km od źródła emisji. W takich strefach rejestruje się największe nagromadzenie pierwiastków śladowych w powierzchniowych poziomach gleb (tab. 1). Dalekosiężne oddziaływanie przemysłu obejmuje strefę od 20 do 30 km od źródła emisji a ponadto wiąże się z globalnym przepływem zanieczyszczeń atmosferycznych, nawet o zasięgu międzykontynentalnym.

Pierwiastki śladowe emitowane do powietrza atmosferycznego wykazują zbliżone właściwości, a mianowicie:

— duże rozprószenie i w związku z tym łatwe przenoszenie na znaczne odległości;

- opadanie na powierzchnię gleb i reagowanie z mineralnymi i organicznymi frakcjami gleb;
- osadzanie się na powierzchni roślin, powodujące zmniejszanie ilości energii słonecznej przedostającej się do komórek roślinnych;
- podleganie bioakumulacji bezpośrednio i pośrednio z gleb oraz działanie na skład chemiczny roślin, często bez wizualnych uszkodzeń tkanek roślinnych;
- wywoływanie w komórkach roślinnych reakcji prowadzących do zakłóceń procesów metabolicznych;
- odporność na detoksykację metaboliczną;
- włączanie do łańcucha żywieniowego.

Zanieczyszczenie gleb w wyniku opadania pyłowych zanieczyszczeń atmosferycznych pochodzi zarówno ze źródeł krajowych, jak i zagranicznych. Szacunkowe zestawienie emisji pierwiastków śladowych w Europie wykonane w oparciu o dane Pacyny [13] wykazuje istotne różnicowanie w różnych regionach (tab. 2). Stwierdzono natomiast, że niektóre pierwiastki śladowe opadają na powierzchnię gleb w rolniczych rejonach Europy w podobnych ilościach, które przewyższają na ogół wynoszenie tych pierwiastków wraz z plonami roślin oraz wyługowywanie ich wskutek spływu wód (gruntowych i drenarskich) do zlewni (tab. 3). Porównanie tych wartości wyraźnie wskazuje na zachodzący obecnie proces stałej akumulacji metali ciężkich w powierzchniowych poziomach gleb. Jednakże niektóre pierwiastki śladowe, a przede wszystkim te, które występują w postaci anionowej (np. bor, fluor) tworzą najczęściej formy łatwo rozpuszczalne i dzięki temu mogą być szybko przemieszczane w głąb profilu glebowego.

Zgodnie z obliczeniami wykonanymi przez Rejman-Czajkowską [17] w rolniczych rejonach kraju, przy średniej klasie tężenia SO_2 w powietrzu ($51\text{--}100 \mu\text{g m}^{-3}$), może opadać rocznie około 296 — niklu, 214 — cynku, 183 — miedzi, 145 — ołowiu oraz 13 — kadmu (w $\text{g ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$). Pomimo, że w obliczeniach tych uwzględniono jedynie emisje pierwiastków śladowych ze spalania surowców energetycznych, uzyskane wartości także wskazują na możliwość szybkiego nagromadzania się tych pierwiastków w powierzchniowych poziomach gleb.

WPLYW CHEMIZACJI ROLNICTWA

Pierwiastki śladowe wchodzi w skład wszystkich nawozów organicznych i mineralnych oraz w skład niektórych preparatów ochrony roślin. Ilości wprowadzanych pierwiastków można łatwo obliczać i regulować, do czego niezbędna jest jednakże znajomość składu chemicznego tych preparatów oraz stopnia akumulacji pierwiastków śladowych w powierzchniowych poziomach gleb.

Stosowanie w rolnictwie odpadów przemysłowych i komunalnych zawierających zwiększone ilości pierwiastków śladowych stwarza także zagro-

Tabela 2

Szacunkowa emisja metali ciężkich w niektórych krajach Europy w 1978 roku ($\text{g ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$)

Państwo	Ołów	Cynk	Wanad	Nikiel	Miedź	Kadm
Bulgaria	203	156	63	26	25	6
Czechosłowacja	132	64	72	36	24	2
Dania	170	160	135	41	8	2
NRD	196	70	9	51	35	3
Polska	140	145	20	20	40	6
Rumunia	73	25	26	13	9	0,5
Szwecja	48	7	21	6	5	0,3
Węgry	98	31	43	17	56	1

Obliczenia oparte na danych z publikacji Pacyny [13].

Tabela 3

Atmosferyczny opad niektórych metali ciężkich na powierzchnię gleb (A) oraz ich wylugowanie z gleb (B) w rejonach nieobjętych bezpośrednim zasięgiem emisji przemysłowej

Państwo	Bilans metali w powierzchniowych glebach ($\text{g ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$)					
	Cynk		Ołów		Miedź	
	A	B	A	B	A	B
Polska	547	180	207	40	39	25
Dania	250	120	260	0,3		
Szwecja	180	270	150	81	20	29
RFN	210	76	110	6	18	7
ZSSR (Syberia)	89		3			

Według: Goleneckiy i in. [4] oraz Kabata-Pendias i Pendias [9].

Tabela 4

Pierwiastki śladowe w osadach ścieków komunalnych, pobieranych z różnych miast w latach 1981—1982 (ppm)

Miasto	Bor		Cynk		Kadm		Miedź		Ołów	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Piotrków Tryb.	30—95	62	4350—12500	9705	9—25	17	520—1180	825	132—305	258
Puławy	5—55	28	500—1275	896	7—11	9	43—99	64	58—100	78
Lipsko	22—80	53	1275—6500	2823	4—8	6	80—202	132	117—225	178
Kozienice	32—60	41	2000—2450	2275	6—9	7	96—144	122	168—292	227

a — zakres, b — średnia arytmetyczna.

zenie dla agroekosystemów. Prawidłowe wykorzystanie takich odpadów jest trudne zarówno ze względu na zmienną zawartość pierwiastków śladowych jak i duże zróżnicowanie ich form chemicznych (specjacji) (tab. 4 i 5).

Uprawne gleby w Polsce wymagają stałego wapnowania, a częściowo i wprowadzania magnezu. Zapotrzebowanie na wapnowanie nasiliło się ostatnio w związku ze stałym procesem zakwaszania gleb. Jednakże stosowanie wapna stanowiącego odpady produkcji przemysłowej, a przede wszystkim po flotacji rud metali nieżelaznych może spowodować poważne zanieczyszczenie gleb. Jak wykazały badania, zawartość niektórych pierwiastków w takich odpadach może być znaczna (tab. 6).

Tabela 5

Zróżnicowanie chemicznych form (specjacja) metali w osadzie ściekowym z Piotrkowa Trybunalskiego

Metal	Zawartość całkowita (ppm)	Udział form (% zaw. całkow.)				
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
Chrom	1500	0	1	35	49	15
Cynk	4000	3	30	61	4	2
Kadm	8	4	10	63	2	21
Miedź	220	0	0	33	54	13
Nikiel	70	13	23	32	17	15
Ołów	218	0	9	13	27	51

F — formy chemiczne: 1 — łatwo wymienne, 2 — związane z węglanami, 3 — związane z tlenkami żelaza i manganu, 4 — związane z substancją organiczną, 5 — związane w mineralnej postaci. Według: Piotrowska i Dudka [15].

Tabela 6

Zawartość metali ciężkich oraz wapnia i magnezu w proponowanych do wapnowania gleb odpadach z hutnictwa metali nieżelaznych

Huta	Wapń %	Magnez %	Cynk ppm	Kadm ppm	Miedź ppm	Ołów ppm
„Bolesław” — Bukowno	21	10	22 600	76	36	4 000
Trzebinia — Siersza	25	11	15 800	94	20	3 000
Miasteczko Śląskie	29	11	6 800	7	288	80

Według Galczyńskiej [2].

Wprowadzanie substancji odpadowych do gleb powinno odbywać się pod stałą kontrolą, niedopuszczającą do drastycznych zmian w zawartości pierwiastków śladowych w glebach i roślinach [10]. Każda decyzja o zastosowaniu odpadów w rolnictwie musi opierać się na znajomości pełnego

składu chemicznego z uwzględnieniem zawartości pierwiastków śladowych oraz innych substancji szkodliwych, jak np. różne związki organiczne (zwłaszcza wielopierścieniowe) i radionuklidy. Stanowią one bowiem dodatkowe zagrożenie dla gleb oraz mogą powodować określone interakcje wpływające na specyficzne zachowanie się pierwiastków śladowych w glebach lub roślinach. Ograniczenia w stosowaniu odpadów bytowych w rolnictwie wynikają także z zagrożeń sanitarnych, które powinny być zawsze przedmiotem szczegółowych pomiarów i specjalnych opinii.

Wpływ nawożenia gleb oraz stosowania pestycydów na zmiany w zawartości pierwiastków śladowych jest powolny, ale zaznacza się już w różnych glebach, a zwłaszcza w uprawach ogrodnich i sadowniczych. W stosunku do zmian stwierdzonych w glebach innych krajów, chemizacja rolnictwa w Polsce nie spowodowała jeszcze silnej degradacji gleb (tab. 7).

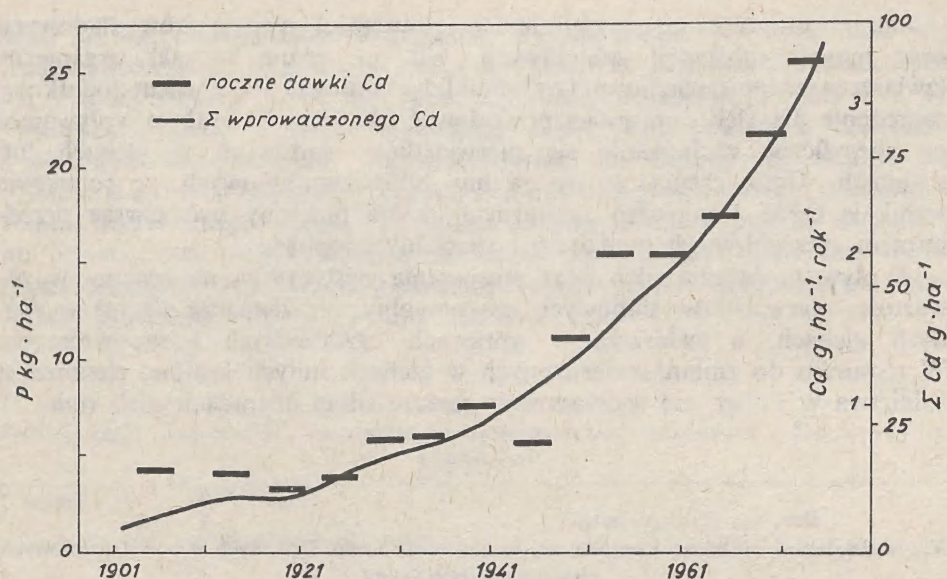
Tabela 7

Wpływ działalności rolniczej i ogrodniczej na zawartość metali śladowych w powierzchniowych poziomach gleb (ppm)

Metal	Zawartość w glebach		Państwo
	niezanieczyszczonych ^a	zanieczyszczonych	
Cynk	60	100 7474 757	Polska Anglia Holandia
Kadm	0,5	5 167 57	Polska Anglia Holandia
Miedź	23	240 800 280	Polska Anglia RFN
Ołów	30	165 3916 254	Polska Anglia Holandia
Rtęć	0,11	0,2 1,5 0,8	Polska RFN Szwecja

^a Średnia zawartość w glebach świata. Według Kabata-Pendias i Pendias [9].

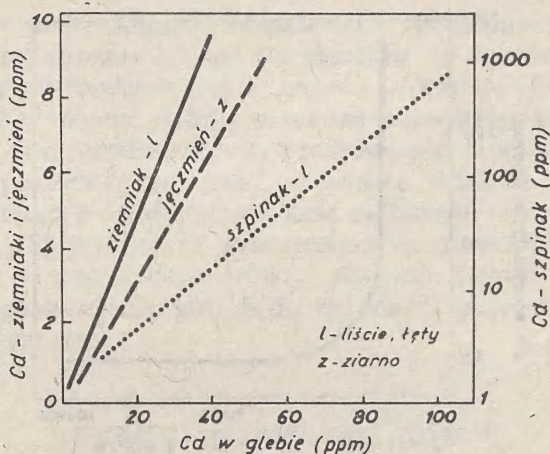
Należy jednak liczyć się z tym, że długotrwałe nawożenie mineralne, jak również stosowanie niektórych nawozów organicznych (gnojowice i pomiot drobiu), doprowadzi do dalszej koncentracji pierwiastków w glebach. Przykładem tego jest obserwowany wpływ nawożenia fosforowego na nagromadzanie się kadmu (rys. 2) oraz fluoru w powierzchniowych poziomach gleb.



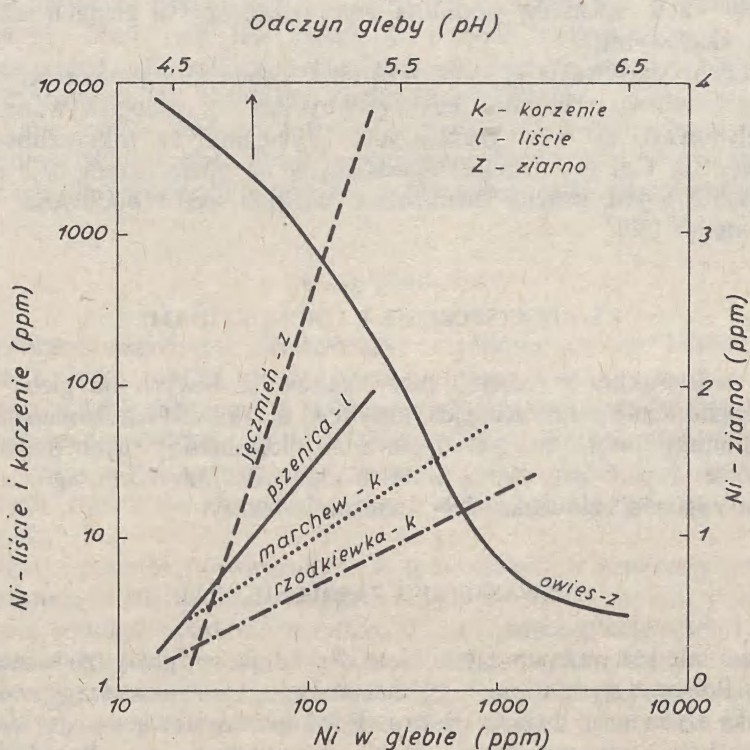
Rys. 2. Wzrost zawartości kadmu w glebach w wyniku długoletniego stosowania nawozów fosforowych w Szwecji [5]

Nie wszystkie pierwiastki śladowe wprowadzane w nadmiernych ilościach do gleb pobierane są od razu przez rośliny. Stanowią one jednak bezpośrednie zagrożenie dla biologicznej aktywności gleb pomimo, że wiele drobnoustrojów wykazuje dużą zdolność adaptacji do ich zwiększonej zawartości. Bez względu na chemiczną formę zanieczyszczających pierwiastków, podlegają one w glebach różnym procesom transformacji i mogą przechodzić ze związków łatwo rozpuszczalnych w formy trudno uruchamiane, lub odwrotnie. Spośród wielu czynników glebowych wpływających na wymienione procesy, najbardziej istotną rolę spełniają właściwości sorpcyjne gleb oraz ich odczyn. Jednakże bez względu na formę chemiczną pierwiastków śladowych, mogą one być pobierane w różnym stopniu przez rośliny, co obserwuje się szczególnie przy nadmiarowych zawartościach pierwiastków. Przykładem mogą być wykresy ilustrujące zależność pobierania kadmu i niklu przez rośliny z gleb zanieczyszczonych tymi metalami (rys. 3 i 4).

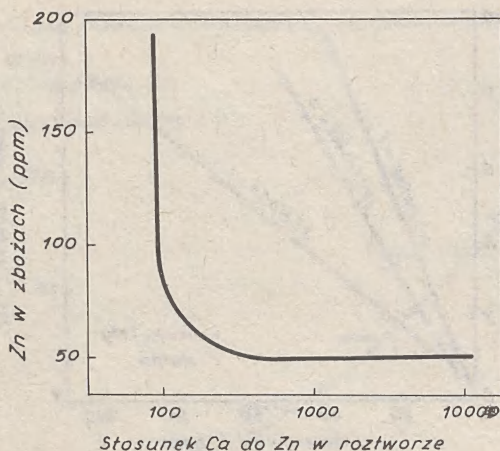
Odczyn gleb reguluje w różnym zakresie pobieranie pierwiastków, ale na ogół metale śladowe przy odczynie obojętnym i słabo alkalicznym są najtrudniej dostępne dla roślin. Na zjawisko to wywierają także wpływ chemiczne interakcje, pośród których najbardziej ważną rolę spełniają reakcje z jonami wapnia ograniczające pobieranie metali śladowych przez rośliny (rys. 5). Zjawisko to ma duże znaczenie praktyczne, ponieważ zmniejsza szkodliwe działanie metali śladowych w glebach o naturalnej, lub wtórnej, zwiększonej zawartości węglanów wapnia. Także inne pierwiastki główne, a przede wszystkim fosfor, żelazo i magnez oraz substancja organiczna



Rys. 3. Pobieranie przez rośliny kadmu z gleb zanieczyszczonych tym metalem [9]



Rys. 4. Zależność stężenia niklu w roślinach od jego zawartości w podłożu oraz od odczynu gleb [9]



Rys. 5. Wpływ stosunku stężenia wapnia do cynku w roztworze glebowym na zawartość cynku w nadziemnych częściach młodej pszenicy [9]

i minerały ilaste spełniają podobną rolę ochronną w glebach skażonych metalami śladowymi.

Pierwiastki śladowe w glebach lekkich i kwaśnych są najczęściej bardzo mobilne i łatwo są pobierane przez rośliny lub też wylugowywane w głąb profilu glebowego do wód gruntowych. Wykazano, że toksyczność metali śladowych (Cu, Cd, Ni, Zn, Pb) opadających na glebę razem ze związkami siarki (H_2SO_4) jest ponad dwukrotnie większa od szkodliwości samych tlenków metali [20].

ZANIECZYSZCZENIE RADIONUKLIDAMI

Opad radionuklidów różnych pierwiastków śladowych na glebę stanowi odrębne zagadnienie przekraczające ramy tego artykułu. Geochemiczne właściwości radionuklidów są na ogół zbliżone do nieradioaktywnych pierwiastków [8], jednakże stopień zagrożenia nimi środowiska przyrodniczego, a przede wszystkim zdrowia człowieka, jest znacznie większy.

ZAKWASZENIE I ZASOLENIE GLEB

Zakwaszenie jest ważnym czynnikiem degradującym gleby (zwłaszcza gleby lekkie) w Polsce. Obok siarki i jej związków, silnie zakwaszające działanie mają tlenki azotu oraz związki fluoru. Poza przemysłową emisją wymienionych związków, znaczne ilości siarki wprowadzane są do gleby wraz z nawozami mineralnymi. Jak przewiduje Ivanov [7], nawet przy ograniczeniu emisji siarki, jej rolnicze zastosowanie będzie nadal czynnikiem zakwasza-

jącym gleby w strefie klimatu humidowego. Ponieważ udział kwaśnych gleb w Polsce jest znaczny [11] proces dalszego ich zakwaszania pod wpływem czynników antropogenicznych stanowi istotny problem w rolnictwie.

W Polsce nie występują gleby o naturalnym zasoleniu, tzn. o zwiększonej zawartości soli łatwo rozpuszczalnych, a przede wszystkim chlorków. Jednakże lokalne zanieczyszczenia, najczęściej w wyniku działania zasolonych wód przemysłowych mogą powodować poważne zakłócenia równowagi chemicznej gleb. Szabolcs [18] podaje, że jednocześnie ze wzrostem sztucznego nawadniania gleb i stosowaniem wód o różnym stopniu zanieczyszczenia, procesy wtórnego zasolenia gleb będą narastać i pojawiać się w różnych strefach klimatycznych.

ZANIECZYSZCZENIE PESTYCYDAMI

Stosowanie pestycydów jest obecnie jednym z głównych zabiegów chemicznych w rolnictwie i jest koniecznym warunkiem wzrostu produkcji rolniczej. Działanie pestycydów na gleby i wody jest złożone i wykracza poza tradycyjne pojęcie chemicznej degradacji gleb. Drastycznym przykładem skutków używania pestycydów jest wzrost zawartości rtęci w rybach z jezior, do których dostał się ten metal w wyniku wcześniejszego stosowania (w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych) zaprawy rtęciowej przy uprawie roślin zbożowych [1]. Produkty rozkładu pestycydów, zwłaszcza kiedy zawierają one metale śladowe lub fosfor, wpływają bezpośrednio na zmiany chemicznego składu gleb. Przy racjonalnym stosowaniu pestycydów, szkodliwość ich dla agroekosystemów może być w pełni lub znacznie ograniczona.

UWAGI KOŃCOWE

Chemiczne zagrożenia środowiska przyrodniczego w Polsce stały się w okresie kilku ubiegłych lat przedmiotem wielu raportów, ekspertyz i prognoz, a także opracowań informacyjno-popularnych. Podane są w nich liczne przykłady postępującej dewastacji przyrodniczych i rolniczych walorów gleb w kraju. Opracowania te zawierają także dane liczbowe dotyczące wybranych regionów kraju lub też w ujęciu globalnym na tle sytuacji w Europie.

Niestety, pracom prowadzonym w tym zakresie towarzyszy często brak zintegrowanego planu badawczego, nieodpowiednio szybki przepływ informacji o wynikach badań prowadzonych w różnych placówkach i resortach, jak również trudność w dotarciu do ekspertyz wykonywanych na zlecenia zakładów przemysłowych lub jednostek administracyjnych. Sytuacja taka uniemożliwia zrobienie pełnego zbioru danych oraz oceny ich przydatności i prawidłowości.

Ilustracją chemicznego zagrożenia gleb użytkowanych rolniczo (i ogrodniczo), szczególnie w okręgach przemysłowych Polski są artykuły uka-

zujące się w fachowej literaturze zagranicznej [6, 19]. Również publikacje krajowe [2, 8, 10, 14] wskazują na narastające ryzyko chemicznej degradacji niektórych agroekosystemów.

Stwierdzone zanieczyszczenia gleb w Polsce nie są na ogół większe od występujących w innych krajach europejskich. Niemniej, zanieczyszczenia gleb w Polsce stanowią już poważne zagrożenia lokalne dla zdrowia człowieka, ze względu na niekontrolowane użytkowanie tych gleb, zwłaszcza pod uprawy ogrodnicze. Ponadto przedłużające się działanie zanieczyszczeń powoduje stałe nagromadzanie się substancji szkodliwych i pierwiastków śladowych w nadmiernych stężeniach, co w efekcie doprowadzi do chemicznej degradacji gleb.

Obecny stan chemicznego zanieczyszczenia gleb w Polsce określają w przybliżeniu następujące stwierdzenia:

- Polska znajduje się w zasięgu oddziaływania ogólnoeuropejskich zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, zwłaszcza związkami siarki oraz pierwiastkami śladowymi (a szczególnie: Pb, Zn, Cd, Cu, Hg, Sb, Be, Ni).

- Rolnicze obszary Polski w rejonach przemysłowych narażone są dodatkowo na intensywne oddziaływanie różnych emisji. Agroekosystemy tych obszarów najbardziej zagrożone są nadmiernym zakwaszeniem gleb związkami siarki i/lub fluoru czy azotu oraz znacznym wzrostem w glebach zawartości następujących pierwiastków śladowych: Pb, Zn, Cd, Cu, Hg, As. Gleby w pobliżu niektórych hut metali kolorowych i żelaza nie są zakwaszone (niekiedy są alkalizowane) ze względu na zwiększony opad tlenków metali alkalicznych.

- Gleby rejonów przemysłowych wykazują stały akumulatywny wzrost zawartości wymienionych pierwiastków śladowych. W licznych przypadkach stwierdza się ponad 100-krotne przekroczenie naturalnych ich zawartości w glebach i roślinach. Natomiast obszary objęte dalekosiężnym działaniem zanieczyszczeń przemysłowych wykazują w glebach i roślinach około 7-krotnie większą zawartość pierwiastków zanieczyszczających od rejonów tylko rolniczych.

- Gleby rejonów rolniczych narażone są na obciążenie pierwiastkami śladowymi w wyniku chemizacji rolnictwa, a przede wszystkim wskutek stosowania w rolnictwie odpadów przemysłowych oraz ścieków i odpadów komunalnych. Niektóre pierwiastki śladowe, a przede wszystkim Cd, F i U, wprowadzane są do gleb także z nawozami fosforowymi. Ponadto pestycydy stanowią dodatkowe źródło niektórych pierwiastków śladowych (np. Zn, Cu, As, Hg) oraz różnych szkodliwych dla zdrowia substancji „aktywnych”.

- Zagrożenie gleb nadmiernymi stężeniami pierwiastków śladowych występuje obecnie w Polsce lokalnie, najczęściej w sąsiedztwie obiektów przemysłowych. Na większych obszarach natomiast zachodzą procesy zakwaszenia gleb.

- Racjonalna chemizacja rolnictwa przy równoczesnym, prawidłowym wapnowaniu gleb jest koniecznym warunkiem ograniczenia zagrożeń i skutków chemicznego zanieczyszczenia gleb. Brak chemicznej równowagi gleb wpływa

ujemnie nie tylko na ich rolniczą przydatność ale także pogarsza jakość wód gruntowych i powierzchniowych.

Ochrona chemicznych właściwości gleb nie jest możliwa bez pełnej kontroli zanieczyszczeń przemysłowych, a przede wszystkim emisji siarki, fluoru, metali ciężkich oraz węglodorów policyklicznych.

LITERATURA

1. Aleksandrowicz M., Olejnik E., Rutkiewicz B. — Zawartość rtęci w rybach z jezior woj. olsztyńskiego. III Kraj. Konf. Wpływ Zanieczyszczeń Śladowych na Przyrodnicze Warunki Rolnictwa, IUNG, Puławy, 2: 119-122, 1985.
2. Fabiszewski J., Brej T., Bielecki K. — Fitoindykacja wpływu huty miedzi na środowisko biologiczne. Prace Wrocł. Tow. Nauk. Seria B, Nr 207, Wrocław, 1983.
3. Gałczyńska B. — Zmiany zawartości metali ciężkich w roślinach pod wpływem wapnowania gleb odpadami hutniczymi. Mat. I Konf. Wpływ Zanieczyszczenia Pierwiastkami Śladowymi na Przyrodnicze Warunki Rolnictwa, IUNG, Puławy, 1: 189-197, 1978.
4. Golenetzkiy S. P., Zhigalovskaya T. N., Golenetzkaya S. I. — Rol atmosferycznych wypadaj w formowaniu mikroelementnego sostawa. Pocznowiedeniye 2: 41-48, 1981.
5. Gunnarsson O. — The relative role of fertilizers for the cadmium levels in the food chain under Swedish circumstances. Cadmium Seminar, Rosslyn, Virginia, November, 20-21, 1980.
6. Highton N. N., Chadwick M. J. — The effect of changing patterns of energy use on sulfur emissions and depositions in Europe. Ambio 11: 324-329, 1982.
7. Ivanov M. V. — The global biogeochemical sulfur cycle. In: Some Perspectives of the Major Biogeochemical Cycles. Linkens, G. E. (red.), J. Wiley Sons, Chichester, str. 61-78, 1981.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. — Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geol., Warszawa, 1979.
9. Kabata-Pendias A., Pendias H. — Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Floryda, 1984.
10. Kabata-Pendias A., Piotrowska M. — Zanieczyszczenia gleb i roślin, uprawnych pierwiastkami śladowymi. CBR, Warszawa, 1984.
11. Kabata-Pendias A., Pondel H. — Zagrożenia gleb użytków rolnych w Polsce. Roczn. Glebozn. 36(1): 59-77, 1985.
12. Kates R. W. — Risk Assessment of Environmental Hazard. SCOPE 8, J. Wiley Sons. Chichester, 1978.
13. Pacyna J. M. — Emission sources of atmospheric trace elements in Europe. Newsletter, FAO Europ. Coop. Network on Trace Elements. State University, Gent, str. 97-107, 1984.
14. Pawłowski L., Kozak Z. (red.) — Chemiczne zagrożenia środowiska w Polsce — raport. Lublin, 1983.
15. Piotrowska M., Dudka St. — Frakcje pierwiastków śladowych w osadach ściekowych. III Kraj. Konf. Wpływ Zanieczyszczeń Śladowych na Przyrodnicze Warunki Rolnictwa, IUNG, Puławy, 2: 115-118, 1985.
16. Pudlis E. — Poland. Heavy metals pose serious health problems. Ambio 9: 61-62, 1982.
17. Rejman-Czajkowska M. — Zanieczyszczenia siarką i pierwiastkami śladowymi ze źródeł energetycznych. Materiały nieopublikowane, 1983.

18. Szabolcs I. — *Impact of irrigation on soil and water salinity*. Symp. UNEP Impact of Agricultural Management on the Environment. Batumi, 1984.
19. Timberlake L. — *Poland — the most polluted country in the world?* New Scientist 92(1276): 248-250, 1981.
20. Tyler G. — *Does acidification increase metal availability and thereby inhibit decomposition and mineralisation processes in forest soils?* Ecological Effects of Acid Deposition. Nat. Swedish Env. Prot. Board Raport PM 18362, str. 245-256, 1983.

OGRANICZENIA PROGOWE GOSPODARKI ROLNEJ I OGRODNICZEJ NA TERENACH UPRZEMYSŁOWIONYCH

W Polsce w zasadzie nie ma już terenów, gdzie powietrze i gleba byłyby zupełnie wolne od zanieczyszczeń; istnieje natomiast realna groźba dalszego pogorszenia jakości środowiska. Należałoby więc z konieczności przystąpić do poszukiwania rozwiązań pozwalających na prowadzenie produkcji rolnej w zanieczyszczonym środowisku.

W tej sytuacji podstawowy problem stanowić będzie:

- zapewnienie odpowiedniej wysokości plonów roślin uprawnych w zasięgu działania źródeł emisji;
- zapobieganie zanieczyszczeniu roślin, tak aby umożliwić wytwarzanie produktów żywnościowych o jakości odpowiadającej standardom.

Dwutlenek siarki i pył stanowią w Polsce zanieczyszczenia powietrza o podstawowym znaczeniu. Jest to związane z charakterem produkcji przemysłowej, stanem technologii i urządzeń do oczyszczania gazów odlotowych oraz warunkami klimatycznymi.

Ze względu na własności fizyko-chemiczne, pyły emitowane przez poszczególne gałęzie przemysłu mogą w różny sposób oddziaływać na organizmy roślinne. W tym też aspekcie, a także ze względu na udział w globalnej emisji, pyły można podzielić na pochodzące z energetyki, cementowni, a także z metalurgii (żelaznej i kolorowej).

Spśród kilkudziesięciu pierwiastków i związków emitowanych do atmosfery w postaci pyłu, za najbardziej istotne z punktu widzenia działania na środowisko uznano metale ciężkie oraz benzo-a-piren [41]. W warunkach naszego kraju szczególną uwagę należy zwrócić na kadm i ołów, które, jak wykazały badania [35, 34, 31, 26], występują na znacznym obszarze w dość wysokich stężeniach w niektórych produktach żywnościowych. W rejonach silnie uprzemysłowionych, badania parametrów określających jakości powietrza atmosferycznego wskazują na duże przekroczenia dopuszczalnych wartości opadu pyłu oraz stężeń dwutlenku siarki. Na przykład, w centralnej części województwa katowickiego norma opadu pyłu, która dla obszarów chronionych wynosi $250 \text{ t/km}^2/\text{rok}$, przekraczana jest 2-4-krotnie.

Opad pyłu jest jedną z podstawowych przyczyn wzrostu zawartości stężeń metali we wszystkich elementach środowiska w zasięgu emitorów. Stwierdzono, że tzw. współczynnik wzbogacania w metale dla gleb i roślin w sąsiedztwie emitorów osiąga wartości dochodzące do kilkuset jednostek [12, 8].

Ilość kadmu, jaka dostaje się wraz z opadem pyłu do gleb uprawnych wynosi na obszarze Katowic od 3 do 37 kg na hektar rocznie, a w przypadku ołowiu waha się w granicach od 70 do 800 kg na hektar rocznie [20]. Wartości te zależą głównie od charakteru produkcji i koncentracji przemysłu. W rejonie cementowni w województwie opolskim ilość ołowiu, jaka rocznie dostaje się do gleb wraz z opadem pyłu mieści się w zakresie od 16 do 38 kg na hektar [30]. Zjawisko to powoduje niebezpieczeństwo wprowadzenia metali do łańcucha troficznego. Według obliczeń Bennetta [3] ołów, który raz został zdeponowany w glebie pozostaje w niej przez około 300 lat i przez cały ten czas jest w mniejszym lub większym stopniu dostępny dla uprawianych roślin, stanowiąc jednocześnie źródło wtórnego zanieczyszczenia powietrza.

Zanieczyszczenia emitowane przez przemysł powodują w środowisku zmiany o charakterze ilościowym i jakościowym. W przypadku działania na rośliny uprawne, zmiany te mogą przejawiać się w postaci obniżenia plonu, bądź też zanieczyszczenia wprowadzane zostają do organizmu rośliny nie powodując zmian w masie roślin. Dochodzi przy tym często do obniżenia wartości użytkowej roślin jadalnych lub paszowych, gdyż stają się one w ten sposób źródłem zanieczyszczeń dostarczanych drogą pokarmową do organizmu człowieka lub zwierzęcia.

Badania gleby i roślin prowadzone w najbardziej zanieczyszczonym rejonie Polski, jakim jest województwo katowickie [37, 14, 15, 25, 21], wykazały, że warzywa uprawiane w warunkach dużego zanieczyszczenia środowiska zawierają znaczne ilości metali ciężkich. Zawartość metali, a zwłaszcza kadmu i ołowiu, w roślinach jest w wielu przypadkach tak wysoka, że przy wzmożonej ekspozycji z innych źródeł może stanowić zagrożenie dla zdrowia. Podkreślić należy, że rośliny uprawne są grupą żywności decydującą o narażeniu człowieka na metale ciężkie [6, 39, 40, 24].

Zanieczyszczenia środowiska, rozpatrywane pod kątem możliwości ich włączenia do łańcucha pokarmowego, dostają się do roślin przez liście i korzenie oraz w formie depozytu pozostają na ich nadziemnych częściach. Stąd też ocenę lokalizacji terenu upraw sprowadzić można do analizy trzech podstawowych czynników:

- zanieczyszczenia roślin,
 - zanieczyszczenia powietrza,
 - charakterystyki gleby,
- wzbogaconych o dane dotyczące usytuowania emitorów zanieczyszczeń.
- Na jakość roślin jadalnych wyprodukowanych na określonym obszarze mają wpływ następujące czynniki:
- położenie obszaru względem punktowych emitorów zanieczyszczeń atmosfery,
 - odległość od składowisk odpadów stałych (głównie przemysłowych),

- sąsiedztwo dróg o dużym nasileniu ruchu samochodowego,
 - wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych i gazowych,
 - zawartość zanieczyszczeń w glebie,
 - sposób użytkowania terenu w okresie poprzedzającym zagospodarowanie rolnicze,
 - zawartość zanieczyszczeń w roślinach uprawianych na badanym terenie.
- Wymienione czynniki wymagają nieco szerszego skomentowania, gdyż stanowią podstawę do oceny lokalizacji upraw.

Położenie względem emitorów zanieczyszczeń. Jeśli zakład przemysłowy posiada wyznaczoną strefę ochronną, uprawy roślin jadalnych nie powinny pod żadnym pozorem być zlokalizowane na jej obszarze.

Odległość od składowisk odpadów. Sąsiedztwo zwałów odpadów produkcyjnych może stanowić niebezpieczeństwo dla zlokalizowanych w pobliżu upraw rolnych. Szczególnie groźne są odpady pochodzące z procesów przeróbki termicznej rud metali nieżelaznych, a także pyłące hałdy poflotacyjne, ze względu na duży stopień rozdrobnienia pyłu. Czynne zwałowiska hutnicze, oprócz metali emitowanych z pyłem w wyniku unoszenia przez wiatr, stanowią z reguły źródło powstawania dwutlenku siarki, pochodzącego z dopalania się materiału na zwale. Łączny [22] podaje, że w wyniku oddziaływania zwałowiska odpadów elektrowanianiowych o przeciętnej wysokości 15 metrów, przy warunkach meteorologicznych panujących w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym, należy spodziewać się przekroczenia dopuszczalnego opadu pyłu w promieniu około 500 metrów. Stąd też uprawy roślin jadalnych nie należy lokalizować bliżej niż 500 metrów od składowiska przemysłowych odpadów stałych.

Sąsiedztwo dróg o dużym nasileniu ruchu. Jak wykazały badania [33, 32], spaliny samochodowe rozprzestrzeniają się do 50 metrów od drogi, co powinno ograniczać sytuowanie upraw roślin jadalnych do tej odległości. Niebezpieczeństwo stanowi w tym przypadku zarówno ołów emitowany z silników benzynowych jak i węglowodory pochodzące z procesów niepełnego spalania w niewłaściwie eksploatowanych silnikach wysokoprężnych.

Emisja zanieczyszczeń pyłowych i gazowych. Zanieczyszczenie powietrza na obszarze upraw rolnych wywiera istotny wpływ na procesy życiowe roślin jak i na ich późniejszą przydatność do konsumpcji. Z reguły, za uszkodzenia widzialne roślin oraz obniżenie plonu odpowiedzialne są zanieczyszczenia gazowe atmosfery, takie jak dwutlenek siarki, tlenki azotu, fluor, ozon. Stwierdzono także wzmożone działanie dwutlenku siarki na rośliny w przypadku jednoczesnego występowania w powietrzu pyłów metalicznych [19, 25, 27]. W ocenie lokalizacji upraw rolnych istotne jest stężenie wszystkich ważnych z punktu widzenia higieniczno-sanitarnego, substancji w pyłe odpadającym, gdyż głównie ta frakcja wchodzi w kontakt z rośliną i glebą.

Zawartość zanieczyszczeń w glebie. Zawartość ołowiu i kadmu w glebach nie jest objęta normami, zatem jako wartość odniesienia przyjmuje się tzw. „zawartości normalne”, tj. stężenia tych metali w glebach obszarów nie objętych wpływem emisji przemysłowych.

Według Khana [18], wartości te wynoszą 20-80 mg ołowiu na kilogram gleby. Średnia zawartość ołowiu w próbkach gleby pobranych z pól uprawnych w Anglii w 226 punktach wyniosła około 42 mg ołowiu na kilogram [1]. W Polsce, w województwie białostockim i kieleckim oznaczono ołów w zakresie 18-85 mg na kilogram [13], a w województwie bielsko-bialskim i suwalskim od 7,7 do 54 mg na kilogram [5, 28]. W glebie z ogrodów działkowych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego oznaczono ołów w zakresie od 41,4 do 1641 mg na kilogram [29, 20, 28].

Na obszarach nie objętych działalnością przemysłu, maksymalne stężenie kadmu w glebie wynosi 1 mg na kilogram [17], zaś średnie stężenie rzadko przekracza wartość 0,5 mg na kilogram [4]. W Polsce, w próbach pobranych z obszarów rolniczych, oznaczono kadm w zakresie 0,02-0,40 mg na kilogram [13]. W województwie bielsko-bialskim i suwalskim zawartość kadmu w glebie wynosiła 0,25-1,08 mg na kilogram [5, 28]. Stężenie kadmu w glebach obszarów przemysłowych jest dużo wyższe. W sąsiedztwie hut metali nieżelaznych oraz wytwórni akumulatorów oznaczono kadm w stężeniach rzędu kilkudziesięciu miligramów na kilogram gleby [13]. W glebie z ogrodów działkowych Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego oznaczono kadm w zakresie od 1,2 do 51,7 mg na kilogram [29, 20, 28]. Kloke [16] podaje wartość 5 mg kadmu na kilogram gleby jako najwyższą wartość tolerowaną w glebach uprawnych.

Charakter wcześniejszego użytkowania terenu. Zawartość zanieczyszczeń w glebie często łączy się ze sposobem użytkowania terenu w okresie poprzedzającym rolnicze wykorzystanie obszaru. Nierzadko stosowane były praktyki lokalizowania upraw na terenach nieprzydatnych do innych celów, np. na nieużytkach poprzemysłowych, wysypiskach odpadów komunalnych lub poprodukcyjnych [7]. Nawet w przypadku nawiezienia warstwy gleby z innego terenu, może dojść z czasem, w wyniku zabiegów agrotechnicznych lub zaburzenia stosunków wodnych, do penetracji głębiej położonych zanieczyszczeń do warstwy ornej.

Zawartość zanieczyszczeń w warzywach. Według zaleceń Komisji Zdrowia RWPG, zawartość ołowiu i kadmu w warzywach nie powinna przekraczać 0,5 mg ołowiu na kilogram i 0,03 mg kadmu na kilogram. Porównanie zawartości tych metali w warzywach uprawianych w centralnej części województwa katowickiego wskazuje na przekroczenie tych wartości w około 90% badanych przypadków. Oznaczone ilości metali w warzywach mieściły się w zakresie: ołów — 0,06-46,6 mg na kilogram świeżej masy, oraz kadm — ślady do 3,53 mg na kilogram świeżej masy [29, 20, 28]. Według ustaleń FAO/WHO [45] tolerowana przez człowieka tygodniowa dawka (PTWI) ołowiu i kadmu wynosi odpowiednio 3 mg oraz od 0,4 do 0,5 mg. Wraz z żywnością doprowadzane jest do organizmu 80-90% tych metali, reszta przypada na wodę oraz drogę oddechową [36, 3, 10]. Analiza poszczególnych grup żywności wykazuje, że duży udział w transporcie tych metali do organizmu mają płody rolne, w szczególności zaś warzywa z ziemniakami. Dostarczają one w sumie około 40% kadmu i ołowiu transportowanego poprzez żywność [34].

OCENA LOKALIZACJI UPRAW ROLNYCH I OGRODNICZYCH

Biorąc pod uwagę czynniki, które mogą mieć wpływ na jakość roślin jadalnych, przyjęto trzystopniową skalę, określającą lokalizację ich upraw [21]:

Lokalizacja wybitnie niekorzystna „C”:

- w strefie ochronnej zakładu przemysłowego lub w odległości mniejszej niż 600 metrów od emitora pyłów metalonośnych lub węglowodorów;
- w odległości mniejszej niż 500 metrów od aktywnego zwałowiska odpadów poprodukcyjnych;
- w odległości mniejszej niż 500 metrów od drogi o dużym natężeniu ruchu kołowego;
- w strefie, w której opad ołowiu i kadmu wynosi odpowiednio ponad 200 i 10 kg/km²/rok lub stężenie dwutlenku siarki w okresie wegetacyjnym przekracza wartość 400 µg/m³ powietrza;
- przy zanieczyszczeniu gleby ołowiem powyżej wartości 1000 mg na kilogram lub kadmem poniżej wartości 20 mg na kilogram.

Lokalizacja niekorzystna „B”:

- w strefie, w której opad kadmu wynosi od 1,5 do 10,0 kg/km²/rok lub opad ołowiu zawarty jest w granicach od 100 do 200 kg/km²/rok;
- w strefie, w której stężenie dwutlenku siarki w okresie wegetacyjnym zawarte jest w granicach 200 do 400 µg/m³ powietrza;
- w strefie, w której zanieczyszczenie gleby ołowiem wynosi od 100 do 1000 mg na kilogram lub kadmem od 5 do 20 mg na kilogram.

Lokalizacja dopuszczalna „A”:

- w strefie, w której opad kadmu wynosi mniej niż 1,5 kg/km²/rok zaś opad ołowiu mniej niż 100 kg/km²/rok;
- w strefie, w której stężenie dwutlenku siarki w okresie wegetacyjnym jest niższe od 200 µg/m³ powietrza;
- w strefie, w której zanieczyszczenie gleby ołowiem jest niższe od 100 mg na kilogram, zaś kadmem — od 5 mg na kilogram.

Lokalizacja „C” oznacza w praktyce stopień zanieczyszczenia środowiska uniemożliwiający produkcję roślin jadalnych bezpiecznych dla zdrowia konsumentów. Rolnicze wykorzystanie takiego terenu powinno sprowadzić się jedynie do uprawy roślin przemysłowych lub ozdobnych.

W przypadku konieczności uprawy roślin jadalnych w niesprzyjających warunkach środowiska (lokalizacja „B”), można wprowadzić szereg przedsięwzięć, przyczyniających się do obniżenia narażenia konsumentów. Na ogół są to metody znane, niezbyt trudne w realizacji i dość skuteczne, pod warunkiem konsekwentnego stosowania.

NAWOŻENIE, ZAWARTOŚĆ SUBSTANCJI ORGANICZNEJ, ODCZYN GLEBY

Pobór ołowiu i kadmu z gleby przez rośliny uzależniony jest od kwasowości gleby, zawartości substancji organicznej oraz zawartości fosforu [38, 11]. Wraz ze wzrostem kwasowości gleby oraz obniżeniem zawartości substancji

organicznej i fosforu, wzrasta dostępność kadmu i ołowiu. Chaney i Hornick [6] wykazali, że ze wszystkich czynników, odczyn gleby najbardziej wpływa na pobór kadmu przez rośliny. Zwiększenie zawartości próchnicy w glebie wpływa hamująco na pobieranie ołowiu [23, 42, 43]. W przypadku upraw zlokalizowanych na zanieczyszczonych terenach, zaleca się stosowanie nawozów organicznych i azotowych. Nie jest wskazane stosowanie nawozów fosforowych, które mogą przyczyniać się do wprowadzania dodatkowych ilości kadmu do gleby [29]. Jak podają Yost i Miles [44] do gleb będących poza bezpośrednim wpływem zakładów przemysłowych, aż 54% kadmu wprowadzane jest z nawozami fosforowymi. Na terenach rolniczych Szwecji około 75% kadmu zawartego w glebie pochodzi z nawozów fosforowych [9]. Niedopuszczalne jest również nawożenie gleby odpadami przemysłowymi i osadami ściekowymi o nieznanym składzie chemicznym. Jak podaje Baker i in. [2] dodanie osadu ściekowego podnoszącego stężenie kadmu w wierzchniej warstwie gleby do 10 mg na kilogram, powoduje wzrost koncentracji kadmu w tkankach niektórych roślin od 10 do 15 razy.

Prostym sposobem, zmniejszającym dostępność ołowiu i kadmu dla roślin, jest wapnowanie. W glebach kwaśnych, przy $\text{pH} < 6,5$, ołów występuje w formach łatwiej migrujących. W innych warunkach przeważają trudno rozpuszczalne związki ołowiu, słabiej pobierane przez rośliny.

Należy jednak zaznaczyć, że wymienione zabiegi mogą przyczynić się do zmniejszenia narażenia konsumentów w granicach zaledwie kilku do kilkunastu procent. Prowadzenie selektywnej uprawy wadaje się być najbardziej skutecznym sposobem zmniejszenia narażenia konsumentów. W warunkach dużego zanieczyszczenia środowiska, jako generalna, winna być stosowana zasada ograniczenia uprawy roślin stanowiących podstawę diety.

LITERATURA

1. Archer F. C. — *Trace elements in soils in England and Wales*. W: *Inorganic Pollution and Agriculture*. U.K. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Reference Book 326, London, 1980.
2. Baker D. W. i in. — *Sewage sludge as a source of cadmium in soil-plant-animal systems*. *Env. Health Perspect.* 28: 45-49, 1979.
3. Bennett B. C. — *Exposure commitment assessment of environmental pollutants*. Tom 1, Nr 1, MARC, Chelsea College, University of London. str. 27-29, 1981.
4. Berry W. L., Wallace A. — *Trace elements in the environment their role and potential toxicity as related to fossil fuels*. A primary study Univ. Calif. La. Nuclear. Med. and Rad. Biol., AEC Contract No AT (04-1), Genewa 12, 1974.
5. Błaszka K. — *Określenie wpływu wanadu i tytanu na wybrane rośliny uprawne rejonu oddziaływania KiZWRP „Krzemianka”*. Bibl. IKŚ-COŚ. Katowice (pr. niepubl.), 1982.
6. Chaney R. L., Hornick S. B. — *Accumulation and effects of cadmium on crops*. Draft prep. for U.S. DA Review, 1977.
7. Duś E. — *Ogrodnictwo działkowe jako forma rehabilitacji środowiska*. Mat. z VII Sympozjum Polsko-Czechosłowackiego pt. „Przeobrażenia środowiska geograficznego w obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych”, Sosnowiec-Kozubnik, 1980.

8. Evans D. W., Wiener J. G. — *Trace elements inputs from a coal burning power plant to adjacent terrestrial and aquatic environments*. APCA Journal 30(5): 567-573, 1980.
9. Fishbein L. — *Sources, transport and alterations of metal compounds on overview. I. Arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel*. Env. Health Perspect. 40: 43-64, 1981.
10. Fribetg L. — *Cadmium in the Environment*. CRC-Press Inc., 1974.
11. John M. K. i in. — *Lead uptake by lettuce and oats affected by lime nitrogen and sources of lead*. J. Env. Quality 1: 169-171, 1972.
12. Kabata-Pendias A. — *Effects of inorganic air pollutants on the chemical balance of agricultural ecosystems*. Proceedings of Symposium on the Effects of Airborne Pollution on Vegetation. Warszawa, 1979.
13. Kabata-Pendias A., Pendias H. — *Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym*. Wyd. Geol., Warszawa, 1979.
14. Karweta S. — *Zmiany zawartości Zn i Pb w roślinach jako skutek zanieczyszczeń powietrza przez zakład hutniczy metali nieżelaznych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 179: 583-587, 1976.
15. Karweta S. — Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 206, 1978.
16. Kloeke A. — *Der Einfluss von Schadgasen und Schadstoffen auf die Vegetation*. W: *Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland*. Olschowy G. (red.). P. Parey, Berlin-Hamburg, 1977.
17. Kloeke A. — *Content of arsenic, cadmium, chromium, fluorine, lead, mercury and nickel in plants grown on contaminated soil*. Ref. Symp. on the Effects of Airborne Pollution on Vegetation. Warszawa, 1979.
18. Khan D. H. — *Lead in the soil environment*. MARC. Report No 21. Monitoring and Assessment Research Centre. Chelsea College, University of London, 1980.
19. Krause G. M. — *Phytotoxische Wechselwirkungen zwischen Schwefeldioxid und der Schwermetallen Zinn und Cadmium*. Heft 34: 86, 1975.
20. Kucharski R. i in. — *Możliwość upraw warzyw w Pracowniczych Ogrodach Działkowych na terenie miasta Katowice*. Ekspertyza NOT-SITR, Katowice, 1982.
21. Kucharski R., Marchwińska E., Gzyl J. — *Metoda oceny upraw warzywnych zlokalizowanych w rejonach o wzmożonej emisji zanieczyszczeń*. Roczniki PZH nr 3, 1984.
22. Łączny M. J. — *Koncepcja analizy wpływu składowisk odpadów elektrownianych na jakość wód w ich otoczeniu z uwzględnieniem wymagań metody EIA*. Bibl. IKŚ-COŚ, Katowice (pr. niepubl.), 1981.
23. MacLean A. J. i in. — *Extractability of added lead in soils and its concentration in plants*. Can. J. Soil. Sci. 49: 1969.
24. Mahaffey K. R. i in. — *Heavy metals exposure from foods*. Env. Health Perspect. 12: 63-69, 1975.
25. Marchwińska E. i in. — *Akumulacja metali ciężkich w roślinach w zależności od składu zanieczyszczenia powietrza*. Bibl. IKŚ-COŚ, Katowice (pr. niepubl.), 1979.
26. Marchwińska E., Kucharski R. — *Zasady upraw warzyw w zasięgu oddziaływania zakładów przemysłowych i dróg szybkiego ruchu*. Polski Związek Działkowców, Krajowa Rada, 1981.
27. Marchwińska E. — *Wykorzystanie niektórych zależności fitoekologicznych do oceny wpływu zanieczyszczenia powietrza na plon*. Monografia. IKŚ, Katowice, 1982.
28. Marchwińska E., Kucharski R. i in. — *Contamination of edible plants as resulted from low-grade coal burning*. Project J 5-513-10 EPA-USA, 1983.
29. Marchwińska E. i in. — *Możliwości upraw warzyw w Pracowniczych Ogrodach Działkowych na terenie województwa katowickiego. Cz. I i II*. Bibl. IKŚ-COŚ, Katowice (pr. niepubl.), 1982, 1983.
30. Marchwińska E. i in. — *Możliwość rolniczego wykorzystania gruntów rolnych leżących w strefie oddziaływania cementowni*. Bibl. IKŚ-COŚ, Katowice (pr. niepubl.), 1984.

31. Marchwińska E., Kucharski R., Gzyl J. — *Stężenie kadmu i ołowiu w próbkach ziemniaków z różnych rejonów Polski*. Roczniki PZH nr 2: 113-118, 1984.
32. Milberg R. P. i in. — *Soil lead accumulation alongside a newly constructed roadway*. J. Environ. Quality 9, 1980.
33. Motto B. J. i in. — *Environ. Sci. Technol.* 4: 231, 1970.
34. Nabrzyski M., Gajewska R. — *Wstępna ocena pobrania rtęci, kadmu i ołowiu na podstawie badań ich zawartości w wybranych grupach środków spożywczych*. Konwersatorium „Wartości zdrowotne żywności”. Kraków, 1981.
35. Nikonorow M. i in. — *Ocena higieniczna środków spożywczych w zakresie zanieczyszczenia metalami szkodliwymi dla zdrowia*. Cz. I. Roczniki PZH, 29(2): 121-128, 1978.
36. National Research Council Canada — *Effects of arsenic in the conadian environment*. Public. No NRCC 15391, Ottawa, 1978.
37. Paluch J., Karweta S. — *Imisja cynku i ołowiu w otoczeniu kombinatu hutniczego i jej oddziaływanie na rośliny i glebę*. Ochr. Pow. nr 6, 1970.
38. Soldatini G. F. i in. — *Pb adsorption by soils I. Adsorption as measured by the Longmuir and Freudlich Isoterms*. Water, Air Soil Pollut. 6, 1976.
39. Tiller K. G. i in. — *Accumulation of metals in wheat grain and vegetables grown on the coastal plain*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia No 6, 1975.
40. Tiller K. G. i in. — *Metal contamination of home gardens in the city and their vegetable produce*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Australia No 15, 1976.
41. Torrey S. (red.) — *Trace elements from coal*. Noyes Data Corporation. Park Ridge, N.Y.USA: 99-191, 1973.
42. Zimdahl R. L. — *Entry and movement in vegetation of lead derived from air and soil sources*. APCA Journal 26(7), 1976.
43. Zimdahl R. L., Hasset J. J. — *Lead in soil*. W: *Lead in the Environment*. W. R. Boggess and B. C. Wixson (red.). Castle House Publication Ltd. str. 93-98, 1979.
44. Yost K. J., Miles D. J. — *Environmental health assessment for cadmium a system approach*. J. Environ. Sci. Health A. 14, 1979.
45. FAO/WHO — *Technical Report, Series No 51. Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead, and cadmium*. Genewa, 1972.

ANDRZEJ WRONA

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN
Zabrze

ZDZISŁAW HARABIN

Urząd Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
Warszawa

PROBLEMY OCHRONY POWIERZCHNI ZIEMI

WPROWADZENIE

W złożonej problematyce ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego naczelnie miejsce zajmuje zagadnienie ochrony powierzchni ziemi. Wiadomo bowiem, że w zakresie intensywnie postępującej industrializacji i urbanizacji kraju następuje szereg niekorzystnych zjawisk prowadzących do negatywnych przeobrażeń powierzchni. Do typowych skutków zalicza się przekształcenia powierzchni ziemi powodujące zmiany w strukturze użytkowania gruntów rolnych i leśnych wyrażające się postępującym spadkiem areалу rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej na rzecz wzrastającego areálu konkurencyjnych form użytkowania, w tym głównie użytków technicznych (tereny przemysłowe, komunikacyjne, mieszkaniowe, usługowe itp) i nieużytków.

Zasadniczym celem artykułu jest syntetyczna prezentacja rozmiarów degradacji powierzchni oraz kierunków ochrony gruntów przed ujemnymi skutkami działalności człowieka.

PRZYCZYNY DEGRADACJI POWIERZCHNI ZIEMI

Największe przeobrażenia powierzchni ziemi w okręgach górniczych i przemysłowych związane są z przekształceniami typu geomechanicznego. Pozostałe przyczyny wywołujące negatywne skutki w ukształtowaniu i użytkowaniu gruntów, takie jak deformacje powierzchni ziemi, zaburzenia typu hydrologicznego i geochemiczne skażenia gleb odnoszą się do stosunkowo niewielkich obszarów o wybitnej dominancie funkcji górniczej bądź przemysłowo-górniczej. Z uwagi na duże straty (często bezpowrotne) rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej, zasadniczą uwagę skoncentrowano na geomechanicznych przekształceniach powierzchni ziemi.

GEOMECHANICZNE PRZEKSZTAŁCENIA POWIERZCHNI ZIEMI

W literaturze przedmiotowej [21, 23, 24, 29] przekształceniami geomechanicznymi nazywa się zmiany ukształtowania powierzchni oraz użytkowania gruntów wywołane:

- a) Zajmowaniem użytków rolnych i gruntów leśnych pod budowę lub rozbudowę terenów przemysłowych, mieszkalnych, usługowych, obiektów i urządzeń komunikacyjnych, hydrotechnicznych itp.
- b) Przeznaczeniem gruntów na cele odkrywkowej eksploatacji różnych użytecznych kopalin.
- c) Zwałowaniem odpadów górniczych, przemysłowych i komunalnych na terenach rolnych i leśnych.

Działalność ta uszczupla rolniczą i leśną przestrzeń produkcyjną. Z procesem zabudowy gruntów wiąże się trwałe ich niszczenie lub uszkodzanie w wyniku pokrywania terenów substancjami trwałymi (betonowanie, asfaltowanie itp.). Z punktu widzenia racjonalnego wykorzystania powierzchni ziemi przekształcenia geomechaniczne są zjawiskami destrukcyjnymi, które prowadzą do całkowitego zniszczenia pokrywy glebowej lub przejściowego powstawania często rozległych terenów bezglebowych (nieużytków) bądź obniżenia zdolności produkcyjnej gleb [21, 29]. Proces kurczenia się rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej w wyniku postępujących geomechanicznych przekształceń powierzchni ziemi ilustrują dane zawarte w tabeli 1.

W trybie przepisów ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz rekultywacji gruntów, w latach 1972-1982 przekazano ponad 16,1 tys. ha gruntów rolnych i leśnych. Oznacza to, że średnio w ciągu roku na cele nie związane z produkcją rolną i leśną przejmowano przeszło 14700 ha gruntów rolnych i leśnych. Największy ubytek areалу związany był z przeznaczaniem gruntów na zalesianie i zadrzewianie (25,3%). Natomiast na potrzeby rozbudowy miast i osiedli mieszkaniowych przeznaczono 31,3 tys. ha (19,4%), rozbudowy przemysłu — 29,3 tys. ha (18,1%) oraz pod wydobywanie kopalin (w większości tereny leśne) przeznaczono ponad 18,5 tys. ha (11,4%). Budownictwo drogowe i komunikacyjne pochłonęło ponad 10 tys. ha (6,8%), a inne cele 30,7 tys. ha (19,0%) gruntów leśnych i rolnych.

Jak wynika z danych tabeli 2, z ogólnego areálu gruntów nabytych na cele nierolnicze i nieleśne wynoszącego — w omawianym okresie w skali całego kraju — blisko 161900 ha na użytki rolne przypadało 93,8%. W latach 1972-1982 przekazano 22739 ha użytków rolnych klas I-III, co stanowiło 15,0% ich ogólnego areálu przeznaczonego na potrzeby pozarolniczych form zagospodarowania powierzchni ziemi. Należy zaznaczyć, że zgodnie z obowiązującą w tym okresie ustawą z dnia 26 X 1971 roku o ochronie gruntów rolnych i leśnych, grunty klas I-III objęte były specjalną ochroną. W skali ogólnokrajowej, największy odsetek użytków rolnych przeznaczonych na cele pozarolnicze notowano w klasach IV-V (45,8%) oraz w klasach VI-VII RZ i PsZ (39,2%). Od 1981 roku zaznacza się spadek atropopresji na użytki rolne, przy czym uwidacznia się wyraźne obniżenie ilości i jakości użytków rolnych przeznaczonych na potrzeby urbanistycznego i przemysłowego rozwoju

Tabela 1

Grunty rolne i leśne przeznaczone na cele nierolnicze lub nieleśne

Wyszczególnienie	1972—1982		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
	ha	%	w hektarach							
Ogółem	161 895	100,0	14 413	17 802	26 958	18 879	17 183	16 281	9 754	9 262
Na tereny osiedlowe	31 354	19,4	2 751	3 231	4 550	3 346	4 170	3 841	2 725	2 352
Na tereny przemysłowe	29 257	18,1	3 668	3 909	3 911	3 351	3 255	2 103	935	991
Pod drogi i szlaki komunikacyjne	11 050	6,8	1 100	1 316	1 877	1 363	1 234	1 277	802	1 176
Pod wydobywanie kopalin	18 528	11,4	2 081	2 123	2 860	1 828	1 865	2 212	1 544	1 207
Pod zalesienia i zadrzewienia*	41 035	25,3	2 622	4 481	5 848	4 595	3 166	3 972	1 586	2 059
Na inne cele	30 671	19,0	2 191	2 742	7 912	4 396	3 493	2 876	2 162	1 477

* Głównie na użytkach rolnych najniższych klas bonitacyjnych (VIRz i P₈Z), które w toku klasyfikacji gruntów uznane zostały za nieprzydatne do uprawy rolnej i przeznaczone pod zalesienia.

Źródła: [11, 12, 13].

Tabela 2

Użytki rolne przeznaczone na cele nierolnicze wg klas bonitacyjnych*

Lata	Ogółem	Klasy bonitacyjne		
		I—III	IV—V	VI—VII RZ i P _s Z
		w hektarach		
1972	10 208	1139	3592	5477
1973	12 590	1769	5364	5457
1974	11 713	2524	6933	5256
1975	11 598	2113	5843	3642
1976	15 547	2844	6992	5711
1977	24 034	3502	10696	9836
1978	16 547	2156	7839	6552
1979	14 970	2418	7220	5332
1980	14 521	1860	6648	6013
1981	8 585	1202	4434	2949
1982	8 547	1212	3955	3380
Razem ha	151 860	22739	69516	59605
%	100,0	15,0	45,8	39,2

* Nabyte w trybie obowiązujących przepisów prawnych o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz rekultywacji gruntów.

Źródła: [11, 12, 13].

jednostek osadniczych. Gdyby tylko prześledzić zmiany powierzchni użytków rolnych w układzie wojewódzkim w 1982 roku, to należy stwierdzić, iż na ogólny areal użytków rolnych jaki uległ zmniejszeniu wynoszący 8547 ha, najwięcej użytków rolnych przekazano na cele nierolnicze w następujących województwach: ostrołęckie — 729 ha, katowickie — 540 ha, i białostockie — 382 ha. Na szczególną uwagę zasługuje problem ochrony użytków rolnych w województwie katowickim.

Przeznaczanie gruntów rolnych na cele nie związane z produkcją rolniczą odbywa się w trybie przewidzianym m.in. przepisami o planowaniu przestrzennym. Jednym z zadań tego planowania jest wskazywanie terenów, które w ustalonych okresach będą wyłączone z użytkowania rolniczego. Istota i założenia planowania przestrzennego w zakresie gospodarki terenami rolniczymi, w wielu okręgach przemysłowych, a szczególnie w województwie katowickim w wielu przypadkach jest realizowana w sposób nieracjonalny [18, 21, 24, 27, 28]. Bardzo złożona sytuacja geologiczno-górnicza (szkody górnicze) oraz lokalizacja starych, uciążliwych dla środowiska zakładów przemysłowych spowodowała, iż od czasów opracowania pierwszego planu regionalnego województwa katowickiego (pod koniec lat pięćdziesiątych), grunty rolne wysokiej wartości rolniczej występujące w strefach obrzeżnych

miast i w jednostkach wiejskich przylegających do granic konurbacji górnośląskiej, traktowane były jako tereny wolne z przeznaczeniem ich pod różne rodzaje zabudowy. Aktualnie w omawianym województwie w sytuacji braku rezerw gruntowych, a więc braku gruntów jeszcze nie mających określonego przeznaczenia i niezagospodarowanych, kształtowanie podziału gruntów aktami prawnymi planowania przestrzennego dokonuje się w obrębie zasobów gruntowych już podzielonych i zagospodarowanych i sprowadza się w istocie rzeczy do zmiany ich obecnego przeznaczenia. W praktyce zmiany te polegają na ciągłym rozszerzaniu powierzchni gruntów urbanistycznych niemal wyłącznie kosztem gruntów rolnych i leśnych, w nieznacznej zaś tylko części także kosztem innych rodzajów gruntów, np. nieużytków. Proces ten w warunkach dynamicznego rozwoju przemysłu, jaki występuje na terenie województwa katowickiego jest procesem nieuniknionym. Istnieje jednakże konieczność i możliwość ilościowego ograniczenia tego zjawiska do niezbędnego, w rozsądnych granicach, minimum.

Zgodnie z ustawą z dnia 26 X 1971 roku o ochronie gruntów rolnych i leśnych oraz rekultywacji gruntów (Dz. U. nr 27, poz. 249) na cele nierolnicze można przeznaczać przede wszystkim nieużytki oraz grunty rolne ujęte w ewidencji gruntów w klasach VI i V. O braku nieużytków (bądź użytków niższej klasy) uzasadniającym sięgnięcie po użytki rolne, można mówić dopiero wówczas, gdy nie ma ich w obrębie całej jednostki podziału administracyjnego, wskazanej w decyzji o lokalizacji ogólnej, nie zaś w miejscu (i części jednostki administracyjnej), które w świetle innych szczegółowych kryteriów najbardziej odpowiada potrzebom danego zamierzenia inwestycyjnego. Nie ulega wątpliwości, że w wielu przypadkach zachodzi konieczność poświęcenia najlepszych nawet użytków rolnych na inne potrzeby, np. gdy pod użytkiem rolnym zalegają pokłady cennych kopalin oraz gdy zachodzi konieczność spiętrzenia wód i budowy zbiorników zaporowych.

W województwie katowickim realizacja ustawy o ochronie gruntów odbywała się w ostatnich latach (1970-1980) w warunkach wyjątkowo dużej dynamiki inwestowania w rozwój przemysłu (KM Huta „Katowice”, Fabryka Samochodów Osobowych w Tychach, elektrownie „Jaworzno III” i „Rybnik”, kopalnie, dzielnice przemysłowo-składowe i inne), miast, tras szybkiego ruchu, magistrali kolejowych (odcinek do Huty „Katowice”), zbiorników wodnych itp. Doprowadziło to do nadmiernego szafowania gruntami rolnymi. Ocenia się, że w latach 1970-1979 w województwie katowickim powierzchnia gruntów rolnych zmniejszyła się o ponad 25 tys. ha, z czego na okres 1975-1979 przypada blisko 6,5 tys. ha. Przebieg tego zjawiska prezentują dane tabeli 3. Z przedstawionych danych wynika, że w poszczególnych latach w ilości przekazywanych gruntów zaznacza się tendencja wzrostowa. We wspomnianym okresie przekazano 7151 ha gruntów [28], z czego na użytki rolne przypada ponad 90,0% ich ogólnej powierzchni. Tendencja ilościowego wzrostu dotyczy przede wszystkim gruntów rolnych klas I-III, czyli podlegających specjalnej ochronie. W omawianym okresie na cele nierolnicze przekazano ponad 1090 ha gruntów klas I-III, co stanowi blisko 17% ich ogólnego areалу.

Tabela 3

Grunty rolne przekazane na cele nierolnicze w woj. katowickim
w latach 1975—1979

Rok	Klasy bonitacyjne			
	I—III	IV—V	VI—VI Kz i Psz	Razem
1975	108	407	46	561
1976	199	572	94	865
1977	210	879	240	1329
1978	261	1430	255	1946
1979	316	1232	213	1761
Ogółem Ko	1094	4520	848	6462
%	16,9	70,0	13,1	100,0

Źródło: [28].

Biorąc pod uwagę cel wyłączenia gruntów należy stwierdzić, że najwięcej bo ponad 41,0% przekazano pod budownictwo przemysłowe oraz 24,3% pod budownictwo mieszkaniowe. Potrzeby budowy zbiorników i urządzeń wodnych pochłonęły 7,0%, górnictwo odkrywkowe — 6,2% i rozwój komunikacji — 7,9% ogólnego areалу gruntów. Blisko 6,0% gruntów, najślabszej wartości przekazano pod nowe zalesienia. Odrębnym problemem w ochronie powierzchni ziemi jest sprawa angażowania dużych obszarów pod zwałowiska i składowiska odpadów przemysłowych i komunalnych, o czym informują dane tabeli 4.

Według stanu w końcu 1982 roku na obszarze kraju ilość nagromadzonych odpadów przemysłowych wynosiła 1109,2 mln ton. Tylko w ciągu 1982 roku wyprodukowano 157,5 mln t odpadów. Przeszło połowa tych odpadów (51,0%) jest składowana na zwałowiskach i składowiskach oraz stawach osadowych. W strukturze nagromadzonych odpadów zdecydowanie dominują:

- odpady górnicze i skalne z kopalń oraz z zakładów przeróbczych — 45,0%;
- szlamy poflotacyjne i odpady popłuczkowe przemysłu węglowego, barytowego, siarkowego, miedziowego i cynkowo-ołowiowego — 24,8%;
- popioły lotne i żużle z energetyki i ciepłownictwa oraz pyły mineralne — 11,2%.

Z ogólnej masy nagromadzonych odpadów 42,8% znajduje się w województwie katowickim, 18,1% w województwie legnickim i 8,8% w województwie wałbrzyskim, czyli w rejonach największej koncentracji górnictwa, energetyki i przemysłu przetwórczego (hutnictwo żelaza, metali nieżelaznych). Zatem na obszarze 3 wspomnianych województw znajduje się blisko 70% ogólnokrajowej ilości nagromadzonych odpadów. Na województwo katowickie i legnickie przypada około 72% ilości odpadów wytwarzanych w ciągu roku. W skali kraju 48,8% ogólnej ilości wytworzonych odpadów jest gospodarczo wykorzystywana. Należy jednak podkreślić, że spośród 55,4 mln ton odpadów zagospodarowanych w 1982 roku duży odsetek odpadów jest

Tabela 4

Rodzaje odpadów przemysłowych, nagromadzonych i wytworzonych w 1982 roku

Wyszczególnienie	Odpady nagromadzone na terenie zakł. przem.		Odpady wytworzone w ciągu roku			
	w mln. ton	w %	ogółem w mln. ton	wykorzystane gospodarczo	unieszkodliwione	składowane
Ogółem	1109,2	100,0	157,5	48,8	6,2	51,0
Odpady górnicze i skalne z kopalń oraz zakładów przeróbczych	499,3	45,0	78,1	66,3	0,1	33,6
Szlamy poflotacyjne i odpady popłuczkowe przemysłu węglowego, barytowego, siarkowego, miedziowego, cynkowo-olowiowego	275,6	24,8	30,8	14,2	—	85,8
Popioły lotne i żużle z energetyki i ciepłownictwa oraz pyły mineralne	123,9	11,2	23,4	37,6	0,0	62,4
Żużle hutnictwa żelaza i stali	40,8	3,7	8,0	81,3	—	18,7
Żużle metali nieżelaznych	29,4	2,7	1,3	57,9	—	42,1
Odpady przemysłu sodowego	34,0	3,1	1,1	6,2	—	93,8
Fosfogipsy	30,4	2,7	2,8	1,3	—	98,7
Szlamy i pyły z oczyszczania gazów w hutnictwie	6,0	0,5	0,5	63,3	—	36,7
Pozostałe odpady	69,8	6,3	11,5	12,6—66,2	0,2—4,0	33,8—87,4

Źródło: [13]

zagospodarowany na cele nieprzemysłowe. Przykładem tego jest województwo katowickie na które przypada 86,6% ogólnej ilości wykorzystanych gospodarczo odpadów. Tak wysoki odestek gospodarczego wykorzystania odpadów we wspomnianym województwie wiąże się przede wszystkim z przeznaczeniem blisko 70% odpadów górnictwa węgla kamiennego, energetyki i hutnictwa do niwelacji terenu oraz do wypełniania wyrobisk i zapadlisk górniczych. Wymownym przykładem jest górnictwo węgla kamiennego, które w województwie katowickim w 1983 roku wytworzyło blisko 50 mln m³ odpadów, z czego 25 mln m³ przeznaczono do niwelacji terenów zdegradowanych, a 11 mln m³ wywieziono na zwałowiska nadpoziomowe [28]. Zagospodarowanie odpadów w formie ich przeznaczenia na zwałowiska nadpoziomowe lub podpoziomowe jest najtańszym i najprostszym sposobem pozbywania się odpadów. Powoduje to jednak stratę wielu cennych surowców możliwych do utylizacji i zagospodarowania na cele budowlane, do produkcji cementu, odzysku cennych pierwiastków itp. [6, 9, 14, 16]. W minimalnym stopniu (0,1%) unieszkodliwiane są odpady poprzemysłowe. Natomiast 51,0% ogólnej ilości odpadów (przeszło 80 mln ton) wytworzonych w 1982 roku było składowane na zwałowiskach i stawach osadowych.

W skali ogólnokrajowej 62,6% składowanych odpadów w ciągu roku przypada na dwa województwa: katowickie (28,7 mln t) i legnickie (21,6 mln t). W 1982 roku ogólna powierzchnia nie zrekultywowanych składowisk odpadów przemysłowych wynosiła ponad 10159 ha z czego ponad 52% przypada na województwo katowickie i legnickie.

Na szczególną uwagę zasługuje problem uporządkowania gospodarki odpadami komunalnymi. Odpady komunalne stałe nagromadzone w ciągu 1982 roku stanowiły 39 727,2 tys. m³, przy czym największą ilością odznaczają się następujące województwa: katowickie — 6902,3 tys. m³, stołeczne — 4247,3 tys. m³, wrocławskie — 1987,4 tys. m³, miejskie łódzkie — 1752,3 tys. m³ i gdańskie — 1710,3 tys. m³ [13]. Powierzchnia wysypisk komunalnych wynosiła 2248,4 ha. Stan sanitarny większości tego rodzaju składowisk jest niezadowolający. Na ogólną liczbę 592 wysypisk miejskich, 230 obiektów odznaczało się złym stanem sanitarnym [13]. Na terenie miast występuje brak kompostowni i spalarni odpadów komunalnych. Według Wasiak w 1970 roku [22] wskaźnik nagromadzenia odpadów wynosił 0,91 m³ na mieszkańca, zaś w 1990 roku wzrośnie do 1,86 m³ [14].

Wzrastająca ilość odpadów komunalnych oraz utrzymywanie dotychczasowego sposobu ich składowania przyczyniać się będzie do wzrostu powierzchni terenów zajmowanych na ten cel, a także do powiększenia zagrożeń skażeń wód gruntowych i dewastacji otaczającego środowiska.

DEFORMACJE POWIERZCHNI ZIEMI

Ten typ przekształceń powierzchni ziemi jest charakterystyczny dla okęgów górnictwa podziemnego. Szczególne nasilenie deformacji powierzchni ma miejsce w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym.

Pod pojęciem deformacji uważa się [21, 24, 28, 29] zmiany morfologii terenu ujawniające się w wyniku działalności górniczej (zachwianie równowagi górotworu), które w zależności od sytuacji geologicznej i górniczej mają charakter nieciągły (gwałtowny) i ciągły (systematyczny). Deformacje nieciągłe ujawniają się w przypadku gdy zachwianie górotworu ma przebieg gwałtowny, zaś nieciągłe odkształcenia sięgają powierzchni ziemi. Zjawisko to zachodzi m.in. wtedy, gdy eksploatacja była prowadzona na niewielkich głębokościach (mniejszych niż 100 m), zarówno po likwidacji wyrobisk, jak i w wiele lat później. Deformacje nieciągłe ujawniają się na powierzchni bezpośrednio nad wyrobiskami górniczymi w postaci różnokształtnych form: lejów, rowów, progów, mis, szczelin itp. W wyniku tych procesów grunty analogicznie, jak w przypadku mechanicznego uszkodzenia stają się nieużytkami.

Na obszarach górniczych ośmiu kopalń w Górnośląskiej Niece Węglowej zarejestrowano 187 deformacji nieciągłych powierzchni ziemi, przy czym największy udział (70,6%) stanowiły leje stożkowe. Zasadniczymi przyczynami powstawania tego typu zagrożeń powierzchni ziemi są: eksploatacja zawałem stropu płytko zalegających pokładów oraz reaktywacja zrobów po tej eksploatacji, które powodują ponad 80% nieciągłych deformacji powierzchni ziemi. Szczególnie zagrożone występowaniem tej formy deformacji powierzchni są obszary z prowadzoną w XIX i na początku XX wieku płytką eksploatacją w rejonie Chorzowa, Katowic, Sosnowca, Będzina, Mysłowic oraz Dąbrowy Górniczej i Jaworzna [29]. Ocenia się, że na powierzchni 1000 ha obserwuje się występowanie deformacji nieciągłych, przy czym tereny płytkich wyrobisk górniczych, stanowiących potencjalne zagrożenie dla użytkowania gruntów rolnych i leśnych, zajmują około 2600 ha [29]. Szczególnie niekorzystne nasilenie deformacji nieciągłych obserwuje się na terenach leśnych Nadleśnictwa Olkusz, co spowodowane jest eksploatacją rud cynku i ołowiu. Coraz częściej pojawiają się na terenach leśnych leje zapadliskowe osiągające przeciętnie nawet 120 m średnicy i 40 m głębokości. Do 1982 roku w obrębie Nadleśnictwa Olkusz łączna powierzchnia zapadliskowych form terenu występujących na obszarze górniczym Olkusza i Pomorzana wynosiła ponad 363 ha. Jak wskazują prognozy powierzchnia szkód górniczych w lasach Nadleśnictwa Olkusz wzrośnie do ponad 1500 ha [29]. Należy nadmienić, że wg stanu z 1982 roku, wartość szkód górniczych w lasach Nadleśnictwa Olkusz wynosiła ponad 786 tys. zł.

Zagrożenie nieciągłymi deformacjami powierzchni występuje również w Niece Bytomskiej (Bytom, Piekary Śl.). Obszar występowania licznych, starych, płytkich wyrobisk poeksploatacyjnych rud cynku i ołowiu ocenia się na około 350 ha. Brak szczegółowych i pełnych dokumentacji, około 1500 starych szybów i szybików uniemożliwia skuteczne przeciwdziałanie postępującym, negatywnym zjawiskom na powierzchni ziemi.

Inny typ stanowią deformacje ciągłe, które są zewnętrznym przejawem zakłóceń równowagi górotworu. Ujawniają się na powierzchni ziemi w przypadku, gdy w nadkładzie zalegają skały plastyczne (iły, gliny), co powoduje, że ciągłość warstw skalnych nie zostaje przerwana, a skały te

ulegają ugięciu, kurczeniu, pełzaniu lub rozciąganiu w płaszczyźnie pionowej i poziomej. W rezultacie ruchy powierzchni ziemi prowadzą do tworzenia się rozległych niekiedy suchych lub zawodnionych niecek osiadania. Niecki osiadania powstające w obrębie niektórych obszarów górniczych odznaczają się promieniem krzywizny (R_{max}) dochodzącym nawet do kilku kilometrów. Także często spotyka się w obrębie rozległej niecki kilka mniejszych niecek o różnym tempie osiadania.

Występowanie deformacji ciągłych może wywołać szereg skutków dla dotychczasowego sposobu użytkowania powierzchni. Skutki tego w przypadku leśnego lub rolnego użytkowania ziemi mogą mieć charakter bezpośredni (np. podrywanie systemów korzeniowych roślin) lub pośredni przez zmiany warunków hydrologicznych w gruntach. Największe nasilenie tego typu deformacji obejmujące rozległe obszary gruntów, głównie rolnych, występuje w Rybnickim Okręgu Węglowym oraz w południowo-zachodniej części GOP. Ocenia się, że roczne tempo osiadania powierzchni, np. w środkowej części Kłodnicy w rejonie Zabrze-Makoszów wynosi około 1 m. Obecnie największe osiadanie terenu notuje się w obrębie niecki chwałowickiej (ROW), które osiągnęło 18 m [29].

Deformacje powierzchni ziemi występować będą również w Lubelskim Zagłębiu Węglowym. W tym przypadku maksymalne, przewidywane obniżenie terenu w tzw. Centralnym Okręgu Węglowym (7 kopalń) po wyeksploatowaniu wszystkich pokładów z zawałem wyniesie od 8 do 11 m [29].

ZMIANY WARUNKÓW HYDROLOGICZNYCH

Jednocześnie z zmianami ukształtowania powierzchni ziemi w wyniku procesu deformacji występują lokalne zmiany warunków hydrologicznych w gruntach. Kierunek zachodzących tego typu zmian charakteryzuje się zawodnieniem lub odwodnieniem (osuszeniem terenu). Powstanie zmian hydrologicznych zależy od wielu czynników, a w szczególności od pierwotnej głębokości zwierciadła wody gruntowej, parametrów osiadań, morfologii terenu i rodzaju gleb.

Zawodnienie gleb na obszarze osiadania niecek istniejących lub tworzących się na obszarach górniczych ma wtedy miejsce, gdy poziom wód gruntowych jest odizolowany od wyrobisk eksploatacyjnych grubym kompleksem warstw nieprzepuszczalnych, a lustro wody pierwszego poziomu występuje blisko powierzchni ziemi oraz osiadania powierzchni zmieniły dotychczasowy typ gospodarki wodnej. Następstwem zawodnienia jest na ogół trwały wzrost uwilgotnienia utworów przypowierzchniowych, a w dalszej kolejności zabagnienie, względnie okresowe lub trwałe zatopienie gruntu.

Innym przejawem zakłócenia naturalnego układu hydrologicznego spowodowanego tworzeniem się ciągłych deformacji powierzchni zwłaszcza w dolinach rzecznych, które cechują się wysokim poziomem wód gruntowych jest występowanie rozlewisk. Powstawaniu ich sprzyja mało zróżnicowana rzeźba terenu oraz niewielkie spadki koryt rzecznych na obszarze intensywnej

eksploatacji górniczej (osiadanie koryt lub terenów przyległych). Największe rozlewiska tworzą się w dolinie Kłodnicy, Potoku Chwałowickiego, Bytomki i Potoku Bielszowickiego.

Następną formą przekształceń hydrologicznych są tzw. zawodnienia napływowe tworzące się na skutek gromadzenia się wody opadowej w zagłębieniach bezodpływowych powstałych w wyniku postępującego osiadania powierzchni [1, 11, 12]. Zawodnienia napływowe są zatem następstwem przekształceń układu warunków spływu i odpływu wód opadowych, przy czym zjawisko to występuje w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym mniej powszechnie (Zabrze-Mikulczyce, Bytom-Miechowice, Gliwice-Bojków).

Na obszarze aglomeracji górnośląskiej, najpowszechniejsze są zalewiskowe i rozlewiskowe formy przekształceń powierzchni, które w 1977 roku zajmowały blisko 600 ha gruntów [29].

Obszar zalewisk i rozlewisk ulega częstej zmianie, co spowodowane jest niwelacją, m.in. skalą płonną i prowadzonymi pracami hydrotechnicznymi zmierzającymi do melioracji gruntów i zapewnienia grawitacyjnego odpływu wód. Jak się ocenia, w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w 2010 roku ponad 49000 ha użytków rolnych i około 29500 ha gruntów leśnych wymagać będzie melioracji szczegółowej [29].

W wyniku drenującego oddziaływania wyrobisk górniczych następuje osuszanie gleb. Ocenia się, że w następstwie wydobycia kopalin łączna powierzchnia gruntów rolnych i leśnych objętych postępującym procesem osuszania wynosi 200 tys. ha [29]. W przypadku gruntów leśnych zmiana stosunków wodnych w zdecydowanie niekorzystny sposób oddziałuje na produktywność siedlisk leśnych [2, 3, 31]. Jak się przewiduje odwodnienie złoża węgla brunatnego w Bełchatowskim Okręgu Paliwowo-Energetycznym spowodować może osuszenie około 130 tys. ha gruntów użytkowanych przez rolnictwo i leśnictwo.

Przedstawione przyczyny degradacji powierzchni ziemi przyczyniają się do zasadniczych zmian w strukturze użytkowania gruntów.

PRZEKSZTAŁCENIA STRUKTURY UŻYTKOWANIA GRUNTÓW

Strukturę użytkowania gruntów i jej zmiany w latach 1950-1980 ilustrują dane tabeli 5. W 1950 roku użytki rolne zajmowały 20440,2 tys. ha, co stanowiło 65,6% ogólnej powierzchni kraju. Obecnie (1980 r.) łączna powierzchnia użytków rolnych wynosi 18946,9 tys. ha, z czego na grunty orne przypada 46,7%, łąki — 8,0%, pastwiska — 5,0% i sady — 0,9%. Jak wynika z prezentowanych danych, do 1980 roku areal użytków rolnych zmniejszył się o 1493,3 tys. ha, to jest o 7,3%. Zatem średnie roczne tempo zmniejszania się powierzchni użytków rolnych wynosiło blisko 50 tys. ha.

W omawianym okresie wydatnie wzrosła powierzchnia terenów leśnych. Udział tej kategorii użytkowania w 1950 roku stanowił 21,7% podczas gdy w 1980 roku areal terenów leśnych wynosił 28,0% ogólnej powierzchni

Tabela 5

Struktura użytkowania gruntów w Polsce i jej zmiany w latach 1950—1980

Lata	Powierzchnia ogółem		Użytki rolne												Lasy		Pozostałe grunty i nieużytki	
			razem		grunty orne		sady		łąki		pastwiska							
			tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%	tys. ha	%
1950	31 267,7	100,0	20 440,2	65,6	15 985,7	51,3	298,7	1,0	2 398,1	7,7	1 757,7	5,6	7 083,1	21,7	3 649,7	12,7		
1955	31 267,7	100,0	20 402,8	65,4	15 901,5	50,8	321,7	1,0	2 389,9	7,7	1 789,7	5,7	7 402,5	22,5	3 371,6	10,8		
1960	31 267,7	100,0	20 402,8	65,4	15 961,1	51,2	262,1	0,8	2 389,9	7,7	1 789,7	5,7	7 561,2	24,6	3 119,1	10,0		
1965	31 267,7	100,0	19 636,9	62,8	15 195,6	48,6	229,1	0,7	2 539,2	8,1	1 673,0	5,3	8 060,3	25,8	3 475,8	11,1		
1970	31 267,7	100,0	19 543,2	62,7	15 087,9	48,4	238,1	0,8	2 522,7	8,1	1 694,5	5,4	8 431,6	26,6	3 083,7	9,9		
1975	31 267,7	100,0	19 208,7	61,4	14 780,6	47,3	303,5	0,9	2 544,8	8,1	1 579,8	5,0	8 608,2	27,5	3 450,8	11,0		
1980	31 268,3	100,0	18 946,9	61,1	14 620,7	46,7	279,9	0,9	2 503,5	8,0	1 542,8	5,0	8 754,0	28,0	3 189,2	9,9		
Zmiany w strukturze w latach 1950—1980			-1493,3	-7,3	-1365,0	-8,5	-18,8	-6,3	+105,4	+4,4	-214,9	-12,2	+16 709	+23,6	-460,5	-12,6		

Źródła: [11, 12, 13].

kraju. Tym samym w latach 1950-1980 notowano wzrost powierzchni terenów leśnych o 23,6%.

Znacznie dokładniejszy obraz zmian w strukturze użytkowania powierzchni w latach 1960-1982 ilustrują dane tabeli 6. W omawianym okresie proces kurczenia się rolniczej przestrzeni produkcyjnej objął 526,7 tys. ha, co oznacza spadek powierzchni użytków rolnych w stosunku do 1960 roku o 2,6% ogólnego ich areалу. Największe tempo zmniejszania się areалу rolnictwa notowano jednak w okresie obejmującym lata 1970-1982. Użytki rolne, które w 1970 roku stanowiły 62,6% powierzchni kraju, zmniejszyły się do 60,8% powierzchni w 1982 roku. Oznacza to, że w tym okresie rocznie ubywało ponad 45 tys. ha użytków rolnych. Zmniejszanie areалу rolnictwa odbywało się na rzecz zwiększania terenów leśnych i zadrzewionych. Areal tej kategorii użytkowania zwiększył się o 12,0% w stosunku do 1960 roku. Notuje się także przyrost powierzchni terenów wodnych o 8,2%, obszarów zajętych pod użytki kopalne o 14,4% oraz terenów komunikacyjnych o 25,0%. Bardzo wysoki przyrost nastąpił też w grupie terenów osiedlowych. W latach 1960-1982 areal zajęty przez różne formy osadnictwa powiększył się o 479, tys. ha, co stanowi przyrost o 123,5% w stosunku do roku wyjściowego przyjętego do porównań.

W analizowanym okresie nastąpiło także korzystne zjawisko polegające na spadku areálu nieużytków (o 35,9%) oraz gruntów pozostałych (o 73,0%), obejmujących powierzchnię wyrównawczą, tereny różne i grunty o nieustalonym typie użytkowania.

Z przedstawionych zagadnień degradacji powierzchni ziemi wynika, że szczególnej integracji wymaga przyszłościowa strategia i koncepcja sposobu użytkowania ziemi. Stanowi ona bowiem zasób ograniczony, służący zaspokajaniu różnych potrzeb. Ograniczoność zasobów ziemi musi być silniej niż dotychczas brana pod uwagę w projektach jej dysponowania. Problem racjonalności przejmowania ziemi pod inwestycje powinien być traktowany pryncypialnie, jako stale otwarty. Nie mniej jednak trzeba podkreślić, że nacisk na racjonalizację użytkowania terenów winien być przyjęty za jedno z podstawowych założeń i zadań planowania przestrzennego. Celowi temu służą akty prawne, to jest ustawa o planowaniu przestrzennym oraz ustawa z dnia 26 marca 1982 roku o ochronie gruntów rolnych i leśnych [20].

REKULTYWACJA I ZAGOSPODAROWANIE

Jednym z podstawowych kierunków zapobiegających postępującej degradacji powierzchni jest prawidłowa rekultywacja i zagospodarowanie gruntów. W myśl przepisów ustawy o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. nr 11, poz. 79, z dnia 6 kwietnia 1982 r.) rekultywacja gruntów polega na nadawaniu lub przywracaniu im wartości użytkowych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleby itp., zaś zagospodarowanie gruntów

zrekultywowanych polega na rolniczym, leśnym lub innym użytkowaniu gruntów oraz na wybudowaniu niezbędnych obiektów i urządzeń.

Jak już wspomniano w 1982 roku powierzchnia nieużytków różnego pochodzenia wynosiła 494,1 tys. ha, co stanowi około 0,6% powierzchni kraju. Należy jednak stwierdzić, że w tym samym roku grunty zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania zajmowały 106,7 tys. ha (tab. 7), z czego na grunty zdegradowane w wyniku działalności przemysłowej przypadało ponad 75% ich ogólnej powierzchni. Blisko 25% stanowiły grunty zdegradowane w wyniku eksploatacji torfu. Jak wynika z danych tabeli 7, w latach 1975-1982 systematycznie wzrastał areal gruntów zdegradowanych, na których działalność eksploatacyjna została zakończona. Natomiast niewielki wzrost powierzchni nastąpił w grupie gruntów zdegradowanych w trakcie prowadzonej eksploatacji. Należy także stwierdzić, że wystąpiło bardzo korzystne zjawisko z punktu widzenia potrzeb ochrony powierzchni ziemi, polegające na wysokim wzroście powierzchni gruntów zrekultywowanych i docelowo zagospodarowanych. Niemniej jednak tempo rekultywacji i zagospodarowania jest niewystarczające, co powoduje, że areal gruntów zdegradowanych w latach 1975-1982 uległ powiększeniu o przeszło 15 tys. ha, co oznacza roczny ich przyrost wynoszący blisko 2 tys. ha. Szczególnie niepokojące jest niskie tempo rekultywacji i zagospodarowania gruntów zdegradowanych w wyniku eksploatacji torfu. Podobnie przedstawia się problem rekultywacji terenów składowania odpadów przemysłowych i komunalnych. Powierzchnia niezrekultywowanych składowisk, zwałów i stawów osadowych w 1982 roku wynosiła ponad 10,1 tys. ha [13]. Najwięcej terenów niezrekultywowanych przypada na województwo katowickie — 2672 ha i legnickie — 2668 ha. W 1982 roku w skali kraju zrekultywowano 486 ha, z czego ponad 316 ha (około 65%) przypada na województwa katowickie (225,4 ha) i legnickie (91,0 ha). Na ogólną powierzchnię 2248 ha wysypisk komunalnych w 1982 roku zrekultywowano 192 ha.

Kierunki rekultywacji i zagospodarowania gruntów zdegradowanych i zdewastowanych w wyniku działalności przemysłowej ilustrują dane tabeli 8. W latach 1975-1984 dominował rolniczy kierunek rekultywacji gruntów. Przeciętnie rocznie na ten cel rekultywowano od 2211 do 4137 ha gruntów przekształconych. Znacznie mniejszą powierzchnię gruntów objęto rekultywacją leśną oraz niewielkie powierzchnie przekazano na cele komunalne. Podobnie prezentuje się docelowe zagospodarowanie gruntów zrekultywowanych. Należy zaznaczyć, że zagospodarowanie na cele rolnicze nie obejmuje całości gruntów zrekultywowanych. I tak w 1977 roku zrekultywowano 5612 ha gruntów zdegradowanych, a zagospodarowano na cele rolnicze tylko 3854 ha. W Śląskiej Niece Węglowej proces przywracania zdolności produkcyjnej terenom przekształconym zamierzoną działalnością człowieka, w tym zwałom towarzyszącym górnictwu węgla kamiennego oparto przede wszystkim na leśno-zadrzewieniowym kierunku zagospodarowania gruntów zrekultywowanych [4].

Tabela 7

Grunty (w ha) zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania

Wyszczególnienie	Grunty zdegradowane			Zrekultywowane	Zagospodarowane
	Ogółem	na których działalność eksploatacyjna			
		została zakończona	jest aktualnie prowadzona		
Ogółem	91.660	46.092	45.568	14.158	11.348
1975	99.950	56.122	43.828	18.681	14.965
1976	102.438	56.350	46.088	24.622	20.571
1977	103.034	56.080	46.954	28.578	24.848
1978	108.188	59.977	48.211	32.082	27.829
1979	109.260	59.895	49.365	36.689	31.541
1980	108.263	59.148	49.115	39.556	33.761
1981	106.757	62.035	44.722	35.999	30.595
1982				22.236	17.484
Grunty zdegradowane w wyniku działalności przemysłowej	79.856	37.444	42.412	13.763	13.111
Związanej z poszukiwaniem i eksploatacją kopalń	65.346	26.806	38.540	3.557	3.160
Związanej z inną działalnością przemysłową	14.510	10.638	3.872		
Grunty zdegradowane w wyniku eksploatacji torfu	26.901	24.591	2.310		

Źródła: [11, 12, 13].

Tabela 8

Rekultywacja i zagospodarowanie gruntów (w ha) zdegradowanych w wyniku działalności przemysłowej*

Wyszczególnienie	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Grunty zrehabilitowane	4.480	6.095	5.612	5.516	5.207	4.424	3.145	4.126
W tym przeznaczone na cele:								
Rolnicze	2.494	3.758	4.137	3.427	3.005	3.406	2.211	3.020
Leśne	768	861	747	1.000	823	482	444	497
Komunalne	324	192	303	446	442	171	119	94
Grunty zagospodarowane	3.535	4.877	3.854	4.247	4.676	4.332	2.477	3.536
W tym przeznaczone na cele:								
Rolnicze	2.441	2.920	2.964	2.980	3.534	3.268	1.849	2.837
Leśne	707	561	568	525	620	525	300	353
Komunalne	205	86	165	259	289	259	86	75

* W ciągu roku.

Źródła: [11, 12, 13].

LITERATURA

1. Grocholska J. — *Bilans użytkowania ziemi w Polsce*. cz. II „Dokumentacja Geograficzna” 4: 129, 1973.
2. Harabin Z., Kawalec A. — *Wpływ eksploatacji piasku na bieżący przyrost grubości sosny zwyczajnej (Pinus silvestris L.) w drzewostanach przyległych do wyrobiska*. Arch. Ochr. Środ. 1: 81-93, 1979.
3. Harabin Z., Kawalec A., Ordon S., Węgierek S. — *Wydzielanie się posuszu sosnowego w drzewostanach będących w zasięgu ujemnego oddziaływania wyrobiska Kopalni Piasku „Kotłarnia”*. Arch. Ochr. Środ. 1: 175-186, 1981.
4. Harabin Z., Strzyszczyński Z. — *Problem of reclamation and biological utilization of central coal-mine waste dumps*. Symposium on Environmental Problems Resulting from Coal Industry Activities. Economic Commission for Europe Coal Committee Geneva. Katowice, 18-22 October 1976, 1-21, Katowice, 1976.
5. Kostrowicki J. — *W sprawie ochrony terenów o szczególnych walorach dla rolnictwa, leśnictwa i wypoczynku*. Prz. Geogr. 44(23): 573-578, 1972.
6. Łukaszyk W., Tabor A. — *Gospodarka odpadami w górnictwie węgla kamiennego*. Mater. konf. pt. „Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku” NOT, Warszawa, str. 39-52, 1979.
7. Malisz B. — *Instrumenty ekonomiczne w systemie gospodarowania ziemią*. Rada Nar., Gosp. Admin. 4: 9-11, 1979.
8. Malisz B. — *Gospodarka ziemią*. Nauka Pol. 3: 33-35, 1979.
9. Nowak S., Skiba E. — *Stan i perspektywy gospodarki odpadami górnictwa i hutnictwa metali nieżelaznych*. Mater. konf. pt. „Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku”. NOT, Warszawa, str. 53-73, 1979.
10. *Ocena stanu środowiska w Polsce*. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Centralny Ośrodek Badań i Kontroli Środowiska, Warszawa, 1981.
11. *Ochrona środowiska*. Informacje i materiały statystyczne GUS, Warszawa, 1975-1980.
12. *Ochrona środowiska i gospodarka wodna 1981*. Materiały statystyczne GUS 3, Warszawa, 1981.
13. *Ochrona środowiska i gospodarka wodna 1983*. Materiały statystyczne GUS, Warszawa, 1983.
14. Pietras Z. — *Gospodarka odpadami przemysłu energetycznego*. Mater. konf. pt. „Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku”, NOT, Warszawa, str. 89-125, 1979.
15. *Raport Ligi Ochrony Przyrody o stanie środowiska przyrodniczego w Polsce i zagrożeniu zdrowia ludzkiego*. Prz. Pol. 5/6 (dodatek): 1-16, 1981.
16. Rogoziński T. — *Kierunki wykorzystania żużli hutniczych w Polsce*. Mater. konf. pt. „Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku”. NOT, Warszawa, str. 74-88, 1979.
17. *Rocznik statystyczny województwa katowickiego*. WUS, Katowice, 1984.
18. Siuta J. (red) — *Ochrona i rekultywacja gleb*. PWRiL, Warszawa, 1978.
19. Siuta J. — *Kształtowanie przyrodniczych warunków rolnictwa w Polsce*. PWN, Warszawa, 1984.
20. Sroczyński W. — *Ochrona gruntów rolnych i leśnych w świetle nowej ustawy*. Rada Nar., Gosp. Admin. 22: 22-24, 1982.
21. Strzyszczyński Z. — *Oddziaływanie przemysłu na środowisko glebowe i możliwości jego rekultywacji*. Komisja Ochrony Środowiska Człowieka Regionów Przemysłowych PAN, Oddział w Katowicach, Ossolineum, Wrocław, 1982.
22. Wasiak G. — *Gospodarka odpadami komunalnymi i osadami ściekowymi*. Mater. konf. pt. „Stan i perspektywy gospodarki odpadami w środowisku”. NOT, Warszawa, str. 283-301, 1979.

23. Witek T. — *Rolnicza przestrzeń produkcyjna Polski w liczbach*. IUNG w Puławach, 1975.
24. Wrona A. — *Uprzemysłowienie a zmiany w kategoriach użytkowania ziemi w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*. Mater. Symp. pt. „Ochrona rolniczej przestrzeni produkcyjnej”, Opole, 1978.
25. Wrona A. — *Główne kierunki przeobrażeń użytkowania ziemi w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym*. Probl. Post. Tech. 2: 22-27, 1975.
26. Wrona A. — *Wpływ przemysłu na zmiany ukształtowania powierzchni ziemi w GOP*. Prz. Geogr. 45(3): 557-573, 1973.
27. Wrona A. — *Wybrane problemy degradacji powierzchni ziemi w GOP*. Miasto 2: 17-23, 1973.
28. Wrona A. — *Ochrona gruntów rolnych województwa katowickiego*. Probl. Post. Tech. 5: 20-24, 1981.
29. Wrona A., Harabin Z., Richter R. — *Wpływ górnictwa podziemnego na grunty rolno-leśne*. Pr. zbior. pt. „Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi”, Wyd. „Śląsk”, Katowice (w druku).
30. Wrzosek A. — *Zagadnienia użytkowania przestrzeni kraju w okresie perspektywicznym*. Biul. Komit. Przestrz. Zagosp. 66: 7-30, 1971.
31. Żywioł H. — *Ekonomiczna ocena strat wywołanych w lasach przez wyrobiska piasku podsadzkowego — cz. II.: Metoda i jej zastosowanie*. Arch. Ochr. Środ. 3-4: 77-119, 1979.

ANDRZEJ KASSENBERG

Komisja Planowania

Warszawa

OBSZARY EKOLOGICZNEGO ZAGROŻENIA — NOWA KATEGORIA PLANISTYCZNA

Na przełomie lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych opracowano wiele raportów dotyczących stanu środowiska przyrodniczego i jego skutków. Przygotowane one były zarówno w ujęciu kompleksowym jak i w odniesieniu do poszczególnych elementów. Jednak wśród tych opracowań nie było podejścia całościowego o charakterze przestrzennym. To co jest immanentną cechą środowiska przyrodniczego, a więc przestrzeń, nie znalazło dostatecznego odbicia w tych raportach.

Szczególnie uwidoczniło się to w momencie podjęcia prac nad pierwszą fazą planu przestrzennego zagospodarowania kraju do 1995 roku, tzn. identyfikacją podstawowych problemów. Wtedy to w Komisji Planowania przy Radzie Ministrów podjęto próbę opracowania przestrzennej diagnozy stanu ochrony środowiska w Polsce [2]. Prace koordynowane były przez obecny Zespół Przestrzennego Zagospodarowania Kraju, a pełne rozpoznanie dokonane zostało przez osiem, a obecnie dziewięć Zespołów Planowania Regionalnego. Studia prowadzone przez dwa lata podzielone były na dwa etapy. Pierwszy dotyczył diagnozy ogólnej, drugi miał na celu szczegółowe rozpoznanie sytuacji na wyróżnionych w pierwszym etapie obszarach o szczególnie zanieczyszczonym środowisku.

Diagnozą objęto: stan ochrony powietrza, stan ochrony wód, stan ochrony powierzchni ziemi i jej zasobów, stan lasów oraz stan konserwatorskiej ochrony przyrody i krajobrazu. W konsekwencji omawiane opracowanie wykazało, że stan środowiska przyrodniczego jest wyraźnie zróżnicowany przestrzennie. Na pewnych obszarach nastąpiła nadmierna koncentracja źródeł zagrożeń środowiska lub znaczna degradacja jego elementów. Często skolerowane jest to z niewłaściwym stanem sanitarnym lub zagrożeniem zdrowia czynnikami środowiskowymi.

Jednocześnie poza tymi obszarami, nie zawsze w powiązaniu z dużymi źródłami zanieczyszczeń ale często w korelacji z lokalnymi zagrożeniami, występują przekroczenia dopuszczalnych norm lub znacząca degradacja poszczególnych elementów środowiska. Dotyczy to przeważnie terenów albo miejscowości o cennych walorach przyrodniczych.

Obraz ten uzupełniają przeważnie pojedyncze, rzadziej występujące, źródła o dużym zagrożeniu środowiska, w których nie stwierdzono ponadnormatyw-

nych zanieczyszczeń środowiska lub degradacji jego elementów, albo mają one charakter lokalny lub wyspowy.

Wyniki tej przestrzennej diagnozy są obarczone pewnym błędem wynikającym z niedostatecznej bazy danych wyjściowych. Zgodnie z sugestią wielu specjalistów należy sądzić, że sytuacja ta wpływa na łagodniejszy sąd o stanie naszego środowiska. Rzeczywistość jest prawdopodobnie niestety gorsza.

Szczególne zagrożenie środowiska występuje na wcześniej wspomnianych obszarach i na nich nastąpiło wyraźne obniżenie poziomu jakości życia tzw. substandard przyrodniczych jego warunków. Doskonale obrazuje to przykład zaczerpnięty z badań szopsychologicznych [5, s. 76] (tab. 1). Jak widać powyższe zestawienie wyraźnie pokazuje zależność między stanem środowiska, a warunkami życia. Ważne jest także to, że ocena ta wynika przede wszystkim z odczucia społecznego co potwierdza wymowę wskaźników statystycznych zawartych w omawianej diagnozie.

Tabela 1

Ocena możliwości zaspokojenia potrzeb w kontakcie z zagrożonym środowiskiem¹⁾

Potrzeby	Bogomice ²⁾	Wronów ³⁾	Krężnica Jara ⁴⁾
Wypoczynek	2,15	3,01	3,73
Kontakt z Bogiem	b.d.	4,05	4,06
Głębsze kontakty z ludźmi	1,81	3,66	4,09
Bezpieczeństwo	1,58	3,27	4,24
Świeże powietrze	1,39	2,87	4,75
Czysta woda	1,33	3,03	4,29
Przeżywanie piękna i ładu w przyrodzie	1,61	3,07	4,53
Ruch	2,28	4,13	4,77
Zdrowie fizyczne	1,54	3,41	4,21
Odkrywanie sensu życia	1,96	3,41	4,24
Zdrowy pokarm	1,35	3,49	4,77
	1,70	3,39	4,33

¹⁾ Ocena 1 oznacza brak możliwości zaspokojenia potrzeb, a ocena 5 pełną możliwość ich zaspokojenia.

²⁾ Wieś bezpośrednio sąsiadująca z Hutą Miedzi „Głogów I”, przewidziana do wysiedlenia.

³⁾ Wieś oddzielona od Zakładów Azotowych w Puławach pasem lasów iglastych, poważnie zagrożona.

⁴⁾ Wieś w dolinie rzeki Bystrzycy na południe od Lublina o względnie czystym środowisku.

Przy ocenie obszarów o szczególnie zanieczyszczonym środowisku punktem wyjścia było wzajemne oddziaływanie środowiska i populacji ludzkiej (ekologia człowieka). Uznano, że istnieje układ zrównoważony w tych relacjach, tak samo jak w homeostazie ekosystemów. Czyli pewien dynamiczny stan odpowiadający potrzebom prawidłowego rozwoju człowieka. Stan taki, za Aleksandrowiczem [1, s. 7], można nazwać zdrowiem (szczęściem) co oznacza poczucie sprawności fizycznej, psychicznej i społecznej. Wychodząc z tak rozumianej równowagi ekologicznej na wyróżnionych obszarach, ze względu na wspomniany wyżej substandard życia, równowaga ta jest na pewno

co najmniej zagrożona, a na niektórych prawdopodobnie nastąpiło całkowite jej załamanie. Powyższe rozumowanie pozwala na przyjęcie dla nich następującego określenia: **Obszary o zagrożonej równowadze ekologicznej zwane skrótowno obszarami ekologicznego zagrożenia.**

Identyczne rozumowanie przeprowadzono dla drugiego typu obszarów ale oczywiście w odniesieniu do równowagi przyrodniczej. Wyróżniono więc: 1) **Obszary konserwatorskiej ochrony przyrody i krajobrazu o zachwianej równowadze przyrodniczej.** 2) **Uzdrowiska zagrożone utratą walorów leczniczych ze względu na zachwianie równowagi przyrodniczej.** Wydzielono 27 obszarów ekologicznego zagrożenia, 15 obszarów cennych o zachwianej równowadze przyrodniczej i 23 uzdrowiska zagrożone utratą walorów leczniczych, co obrazuje załączona mapa.

W drugim etapie wspomnianej diagnozy skoncentrowano się na szczegółowym udokumentowaniu i zdelimitowaniu obszarów ekologicznego zagrożenia gdzie sytuacja stanu środowiska przedstawia się najbardziej alarmująco. Obejmują one 161 miast i 236 gmin, a ich charakterystyka została zamieszczona w tabelach 2 i 3. Dane w nich zawarte pozwalają na stwierdzenie, że wybrane obszary nie są jednorodne pod względem ilości i rodzaju zanieczyszczeń. Biorąc to pod uwagę jak i wyniki drugiego etapu diagnozy, podzielono obszary ekologicznego zagrożenia na następujące grupy:

- a) Obszary uznane za rejony klęski ekologicznej (pow. 13,8 tys. km², lud. 6,2 mln) — Górnośląski, Krakowski, Legnicko-Głogowski, Rybnicki oraz Gdański ze względu na stan Zatoki Gdańskiej.
- b) Obszary o zanieczyszczonym środowisku we wszystkich elementach (pow. 19,4 tys. km², lud. 6,2 mln.):
 - b₁) Obszary aglomeracji ukształtowanych (pow. 8,1 tys. km², lud. 3,7 mln) — Szczeciński, Bydgosko-Toruński, Wrocławski, Łódzki i Poznański.
 - b₂) Obszary ważniejszych ośrodków przemysłowych (pow. 9,6 tys. km², lud. 2,2 mln) — Jeleniogórski, Wałbrzyski, Częstochowski, Kielecki, Opolski, Chełmski, Myszkowsko-Zawierciański, Inowrocławski, Tarnobrzelski i Tarnowski.
 - b₃) Obszary surowcowo-energetyczne (pow. 1,7 tys. km², lud. 0,3 mln.) — Koniński, Turoszowski i Bełchatowski.
- c) Obszary o silnie zanieczyszczonym przede wszystkim powietrzu (pow. 2,0 tys. km², lud. 0,5 mln) — Włocławski, Płocki, Tomaszowski i Puławski.

Wyróżnienie i zdelimitowanie obszarów ekologicznego zagrożenia stworzyło nową sytuację w planowaniu przestrzennym. Po raz pierwszy zdefiniowano nie tylko obszary wymagające ochrony ale także te w stosunku, do których powinna być prowadzona odrębna polityka polegająca na przywracaniu przyrodniczych warunków życia ludności. Obszarom ekologicznego zagrożenia, jako nowej kategorii planistycznej, wyznaczona została inna rola niż dotychczas wyróżnianym terenom. Sytuacja związana ze stanem środowiska przyrodniczego jaka na nich zaistniała nie wynika li tylko z zaległości w ochronie środowiska ale głównie z nadmiernej koncentracji działalności gospodarczej i to przeważnie prowadzonej w oparciu o tzw. brudne techno-

Obszary ekologicznego zagrożenia

Wyszczególnienie	Jednostka	Obszary ekologicznego zagrożenia	Polska
1	2	3	4
Powierzchnia (1983 r.)			
— wielkość	km ²	35 220	312 683
— udział w kraju	%	11,3	×
Ludność			
— liczba 1978 r.	tys.	12 336	35 164
1982	tys.	12 909	36 399
1982/1978	%	104,6	103,5
— udział w kraju 1978 r.	%	35,1	×
1983 r.	%	35,5	×
— gęstość zaludnienia 1978 r.	osób/1 km ²	350	112
1982 r.		367	116
Źródła zagrożenia (1982 r.)			
miasta powyżej 100 tys. mieszkańców			
— liczba		28	38
— ludność: ogółem	tys.	7 674	10 813
udział w kraju	%	71,0	×
miasta 50—100 tys. mieszkańców			
— liczba		24	42
— ludność: ogółem	tys.	1 679	2 860
udział w kraju	%	58,7	×
miasta 20—50 tys. mieszkańców			
— liczba		29	114
— ludność: ogółem	tys.	939	3 537
udział w kraju	%	26,5	×
miasta poniżej 20 tys. mieszkańców			
— liczba		80	611
— ludność: ogółem	tys.	710	4 446
udział w kraju	%	16,0	×
zakłady przemysłowe szczególnie uciążliwe ¹⁾			
— liczba		1 143	2 607
— zatrudnienie: ogółem	tys.	896	1 110
udział w kraju	%	80,7	×
zakłady przemysłowe uciążliwe ²⁾			
— liczba		4 228	16 072
— zatrudnienie: ogółem	tys.	345	1 000
udział w kraju	%	34,5	×

c.d. tabeli 2

1	2	3	4
zakłady przemysłowe mało uciążliwe ³⁾			
— liczba		7 658	19 988
— zatrudnienie: ogółem	tys.	1 061	2 364
udział w kraju	%	44,9	×
Ścieki komunalne i przemysłowe wymagające oczyszczania (1983 r.)			
— udział w kraju	%	63,4	×
— stopień koncentracji	tys. m ³ /l km ²	82,9	14,7
— udział oczyszczanych ogółem	%	57,5	56,2
— udział oczyszczanych biologicznie i chemicznie	%	21,8	22,8
Emisja zanieczyszczeń pyłowych (1983 r.)			
— udział w kraju	%	81,6	×
— stopień koncentracji	t/km ²	40,1	5,5
— stopień redukcji	%	93,5	93,3
Emisja zanieczyszczeń gazowych (1983 r.)			
— udział w kraju	%	85,3	×
— stopień koncentracji	t/km ²	120,3	15,9
— stopień redukcji	%	13,0	11,5
Grunty zdegradowane (1983 r.)			
— udział w kraju	%	34,7	×
Drzewostany zagrożone (1983 r.)			
— udział w powierzchni kraju	%	65,0	×
— udział w masie drzewo- stanów w kraju	%	64,9	×
Odpady przemysłowe (1983 r.)			
— udział nagromadzonych w kraju	%	92,4	×
— stopień koncentracji nagromadzonych odpadów	t/km ²	31,1	3,8

logie. Wymaga to przede wszystkim podjęcia działań nie związanych bezpośrednio z ochroną środowiska. Prowadzić one powinny do zmian technologicznych w przemyśle, strukturalnych w działalności gospodarczej i układach funkcjonalno-przestrzennych na tych obszarach. Jednocześnie z nimi podejmowane muszą być przedsięwzięcia służące bezpośrednio ochronie środowiska, jak np.: budowa i instalowanie urządzeń ochronnych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej, prace rekultywacyjne, przebudowa drzewostanów. Skomplikowana sytuacja ekologiczna i gospodarcza na tych obszarach wymaga opracowania dla nich szczegółowych regionalnych programów, w których nadrzędnym celem będzie poprawa przyrodniczych warunków życia ludności.

Już obecnie obszary ekologicznego zagrożenia są wprowadzane do sfery planowania i zarządzania gospodarką narodową. I tak:

- a) W pracach nad planem perspektywicznym do 1995 roku przygotowano programy problemowo-przestrzenne dotyczące prawie wszystkich obszarów klęski ekologicznej, a więc górnośląskiego, rybnickiego, krakowskiego i gdańskiego.
- b) W uchwale Sejmu PRL dotyczącej narodowego planu społeczno-gospodarczego na lata 1983-1985 wprowadzono zakaz lokalizacji na tych obszarach nowych i rozbudowy istniejących uciążliwych zakładów przemysłowych. Zakaz ten ma być utrzymany na lata 1986-1990. Zaznaczyć jednak należy, że zakaz ten nie zawsze jest przestrzegany i w 1984 roku wydano co najmniej kilkanaście decyzji niezgodnych z tą uchwałą.
- c) W rozporządzeniu Ministra, kierownika b. Urzędu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, dotyczącym konieczności opiniowania w postępowaniu lokalizacyjnym przez b. Urząd Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej inwestycji uciążliwych, wprowadzono pojęcie obszarów ekologicznego zagrożenia. Dla tych obszarów poziom uciążliwości został ustanowiony znacznie niżej niż dla innych terenów z wyłączeniem terenów specjalnie chronionych.

Poza sferą regionalną i bieżącą działalnością państwa skala oddziaływania obszarów ekologicznego zagrożenia jako całości jak i innych rodzajów terenów i miejscowości wyznaczonych we wspomnianej diagnozie jest tak znaczna, że muszą one zajmować wiodącą rolę w długofalowej polityce przestrzennej dotyczącej całego kraju. Rozmieszczenie na powierzchni kraju tych obszarów i miejscowości pozwala na wyróżnienie czterech stref o odmiennym charakterze (patrz mapa). Są to:

- I. Strefa integracji obszarów ekologicznego zagrożenia położona na południowym-zachodzie i południu kraju, gdzie następuje, zarówno na Dolnym jak i na Górnym Śląsku, powolne zlewianie się występujących tam obszarów.
- II. Strefa dwubiegunowa rozciągająca się wzdłuż wybrzeża Bałtyku od szczecińskiego do gdańskiego obszaru ekologicznego zagrożenia. Występujące lokalne zagrożenia na środkowym wybrzeżu jak i stan morza otwartego pozwalają sądzić, że utrzymanie negatywnych procesów zanieczyszczania środowiska morskiego może doprowadzić do zlania się w/w obszarów.
- III. Strefa rozproszenia obejmująca rozrzucone obszary ekologicznego zagrożenia na terenie Polski zachodniej, centralnej i wschodniej. Nie grożą one jeszcze połączeniem w jeden obszar ale wykazują tendencję do rozwoju przestrzennego w ramach strefy jak i rozszerzenia strefy przez obejmowanie nią nowych obszarów.
- IV. Strefa pozbawiona obszarów ekologicznego zagrożenia, obejmująca północną, północno-wschodnią i południowo-wschodnią część kraju zagrożona tworzeniem się takich obszarów (np. wydobywanie i przetwórstwo rud polimetalicznych w rejonie Suwałk).

Zagrożenie środowiska w obszarach ekologicznego zagrożenia w 1983 roku¹

Obszary ekologicznego zagrożenia	Ścieki przemysłowe i komunalne wymagające oczyszczania, odprowadzane do wód powierzchniowych				Wskaźnik ujęcia pobieranej wody w obiegi zamknięte w %	Przemysłowe zanieczyszczenia powietrza						Odpady przemysłowe				Grunty zdegradowane w wyniku działalności przemysłowej i eksploatacji torfu w ha	Powierzchnia drzewostanów w strefach zagrożenia emisją pyłów i gazów ²		Tereny zieleni w miastach w m ² na 1 mieszkańca ³
	ogółem		oczyszczane			pyłowe			gazowe			nagromadzone w mln ton	wytworzone		stopień wykorzystania gospodarczego w %		w ha	w % powierzchni leśnej	
						wytworzone w tonach na 1 km ²	emitowane w tys. ton	stopień redukcji w %	wytworzone w tonach na 1 km ²	emitowane w tys. ton	stopień redukcji w %		w mln ton	w tonach na 1 km ²					
	hm ³	dm ³ /1 km ²	% ogółem	biologicznie i chemicznie w % ogółem															
Bełchatowski	19,1	86,4	100,0	3,1	56,8	2305	6,7	98,7	293	64,8	—	0,8	2,5	11.394	76,7	1722	—	—	—
Bydgosko-Toruński	115,0	60,3	15,0	10,0	7,0	101	20,6	89,3	25	38,1	20,2	0,6	0,4	211	59,2	373	42.202	55,0	10,5
Chelmski	10,6	7,3	92,5	60,4	0,3	78	35,8	68,5	3	3,9	—	0,1	0,1	43	51,8	1448	372	10,2	9,7
Częstochowski	51,7	127,3	80,5	52,6	66,3	428	36,1	79,2	166	67,2	—	1,0	0,7	1759	94,2	606	10.666	32,7	5,6
Gdański	113,3	35,2	77,5	20,7	1,5	104	37,5	88,8	19	51,4	15,0	9,8	1,1	339	15,2	1784	—	—	8,0
Górnoląski	899,0	286,9	56,7	11,3	40,4	1588	477,9	90,4	553	1533,7	11,5	320,9	53,5	17.066	73,2	8759	92.315	97,8	13,3
Inowrocławski	22,4	29,4	59,4	3,1	5,3	269	24,2	88,2	28	21,5	0,1	38,1	2,1	2698	17,8	489	300	1,5	12,0
Jeleniogórski	34,7	65,2	68,3	31,7	0,2	19	2,1	79,5	17	8,3	0,2	0,4	0,0	72	92,7	138	387	0,9	18,1
Kielecki	30,2	29,3	56,3	53,0	12,3	767	24,8	96,9	10	10,8	—	28,6	2,7	2584	13,7	1182	6060	23,0	9,3
Koniński	118,9	117,5	98,6	3,5	0,5	1633	108,3	93,4	125	125,2	0,9	27,5	1,6	1627	4,3	4615	2137	6,0	8,3
Krakowski	319,4	135,3	11,4	1,8	9,5	457	121,4	88,7	237	557,1	0,4	69,1	5,8	2471	64,5	1192	19.236	63,5	9,1
Legnicko-Głogowski	87,5	21,7	82,4	45,4	53,6	83	28,6	91,4	145	295,2	49,4	221,6	27,0	6696	26,1	2369	13.693	10,6	12,2
Łódzki	152,3	184,6	4,0	3,9	8,0	472	39,7	89,8	71	54,3	6,7	0,8	0,5	624	86,9	185	—	—	8,8
Myszkowsko-Zawierciański	17,4	85,3	92,5	45,4	71,7	299	34,6	3,4	78	15,8	0,5	2,3	0,4	1800	53,9	85	—	—	8,8
Opolski	100,9	100,4	82,7	98,0	36,8	1562	64,1	95,9	208	185,8	11,4	14,0	0,6	562	15,8	3139	19.914	25,1	11,1
Płocki	42,7	169,4	97,9	92,5	28,2	10	1,3	47,7	628	131,5	17,0	0,3	0,1	410	28,0	45	3016	23,7	4,3
Poznański	83,7	83,9	31,7	8,5	2,6	64	9,4	85,2	23	20,9	7,9	0,1	0,2	240	67,6	396	1789	3,8	18,4
Puławski	19,7	26,5	97,5	68,0	13,4	199	12,9	91,3	47	30,4	13,1	2,3	0,2	264	0,1	120	8003	47,1	15,5
Rybnicki	64,6	62,2	66,9	28,6	48,2	1877	56,4	97,1	215	223,6	—	190,0	29,5	28.465	51,1	2177	—	—	9,2
Szczeciński	144,1	41,4	52,9	30,3	0,1	399	53,5	96,1	68	219,6	7,3	35,6	3,9	1133	20,1	577	3022	2,4	9,2
Tarnobrzeski	145,9	57,1	87,4	56,1	0,1	770	68,8	96,5	93	233,9	1,4	38,4	3,2	1270	14,6	810	37.362	46,4	6,0
Tarnowski	67,3	60,5	70,4	21,0	64,3	175	13,9	92,8	44	30,2	37,6	2,9	0,4	399	26,5	540	8943	36,1	8,0
Tomaszowski	29,8	71,6	100,0	98,0	2,8	37	6,8	55,9	71	26,0	11,7	0,8	0,5	357	86,9	358	2827	15,3	5,8
Turoszowski	29,5	59,0	88,1	21,4	63,8	6680	68,8	97,9	396	198,0	—	0,9	3,5	6986	4,7	2764	836	5,9	9,5
Wałbrzyski	37,1	75,4	78,2	37,7	11,4	197	15,7	83,8	45	21,9	1,2	82,8	4,3	8751	34,0	589	3166	14,5	13,3
Wrocławski	54,6	87,1	78,8	29,7	14,5	21	4,5	65,9	26	16,3	0,0	0,1	0,2	246	40,9	162	13.640	51,7	6,9
Wrocławski	107,7	119,5	92,5	73,0	7,1	293	37,4	85,8	79	52,5	25,9	5,3	0,6	696	19,0	385	2012	7,2	14,1

¹ W każdym wskaźniku podkreślono pięć liczb oznaczających największe zagrożenie środowiska.² 1982 rok.³ 1981 rok.

Źródło: [3, 4] + obliczenia własne.



Rys. 1. Opis na str. 159.

Każda z wymienionych stref wymaga odmiennego podejścia do problemów ochrony środowiska. W pierwszej, strategia działania polegać powinna na **totalnej ochronie środowiska**, której muszą być podporządkowane wszelkie decyzje społeczno-gospodarcze. W drugiej sytuacja jest nietypowa. Praktycznie rozwiązywanie problemów ochrony środowiska, a dotyczy to przede wszystkim ochrony wód, leży poza wyznaczoną strefą. Gross zanieczyszczeń pochodzi bowiem z głębi kraju. Strategia działania dla niej powinna brzmieć — **cały kraj na rzecz ochrony Bałtyku**. W trzeciej strefie problemy ochrony środowiska stanowią **regionalne bariery rozwoju**, w poszczególnych obszarach ekologicznego zagrożenia. Rozwiązanie tych problemów stworzyłoby nie tylko prawidłowe warunki do życia mieszkańców ale także umożliwiłoby większą swobodę w rozwoju gospodarczym tych terenów. Czwarta strefa o najmniej przekształconym środowisku wymaga przede wszystkim **ochrony przed rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń** na jej teren. Tu należy prowadzić rozwój w myśl zasady — najpierw nie szkodzić — oraz dążyć do wyeliminowania tych sytuacji konfliktowych, które tam już istnieją.

Obszary ekologicznego zagrożenia są nową kategorią planistyczną i nie mają jeszcze głębokiego rozpoznania ani metodycznego, ani merytorycznego.

Rys. 1. Strefy zagrożenia środowiska w Polsce. Obszary ekologicznego zagrożenia: I — Belchatowski, II — Bydgosko-Toruński, III — Chelmski, IV — Częstochowski, V — Gdański, VI — Górnośląski, VII — Inowrocławski, VIII — Jeleniogórski, IX — Kielecki, X — Koniński, XI — Krakowski, XII — Legnicko-Głogowski, XIII — Łódzki, XIV — Myszkowsko-Zawierciański, XV — Opolski, XVI — Płocki, XVII — Poznański, XVIII — Puławski, XIX — Rybnicki, XX — Szczeciński, XXI — Tarnobrzelski, XXII — Tarnowski, XXIII — Tomaszowski, XXIV — Turoszowski, XXV — Wałbrzyski, XXVI — Włocławski, XXVII — Wrocławski; 1 — obszary klęski ekologicznej, 2 — obszary o zanieczyszczonym środowisku we wszystkich elementach: a — obszary aglomeracji ukształtowanych, b — obszary ważniejszych ośrodków przemysłowych, c — obszary surowcowo-energetyczne, 3 — obszary o silnie zanieczyszczonym powietrzu, 4: a — powierzchnia w km², b — liczba ludności w tys., c — gęstość zaludnienia w osobach/1 km², 5 — obszary ochrony konserwatorskiej przyrody i krajobrazu o zachwianej równowadze przyrodniczej: A — Nadmorski Park Krajobrazowy, B — Mazurski Park Krajobrazowy, C — Wigierski Park Krajobrazowy, D — Bagna Biebrzańskie (projektowany park narodowy), E — Wielkopolski Park Narodowy, F — Gostynińsko-Włocławski Park Krajobrazowy, G — Kampinoski Park Narodowy, H — Kazimierski Park Krajobrazowy, I — Karkonoski Park Narodowy, J — Zespół Jurajskich Parków Krajobrazowych, K — Ojcowski Park Narodowy, L — Świętokrzyski Park Narodowy, Ł — Babiogórski Park Narodowy, M — Tatrzański Park Narodowy, N — Pieniński Park Narodowy; 6 — uzdrowiska zagrożone utratą walorów leczniczych ze względu na zachwianie równowagi przyrodniczej: 1 — Kołobrzeg, 2 — Świnoujście, 3 — Ciechocinek, 4 — Inowrocław, 5 — Konstancin-Jeziorna, 6 — Nałęczów, 7 — Czerniawa Zdrój (Świeradów Zdrój), 8 — Świeradów Zdrój, 9 — Cieplice (Jelenia Góra), 10 — Szklarska Poręba, 11 — Sosnowka, 12 — Kowary, 13 — Szczawno Zdrój, 14 — Karpacz, 15 — Jedlina Zdrój, 16 — Kudowa Zdrój, 17 — Duszniki Zdrój, 18 — Polanica Zdrój, 19 — Łądek Zdrój, 20 — Długopole Zdrój, 21 — Swoszowice, 22 — Wieliczka, 23 — Rabka; 7 — miejscowości o dużej skali zagrożenia środowiska poza obszarami ekologicznego zagrożenia, 8 — granice stref zagrożenia środowiska

Wydaje się więc celowe podjęcie prac studialnych nad bardziej prawidłowym ich zdelimitowaniem oraz opracowanie dla nich kierunków polityki rozwoju społeczno-gospodarczego, a także zasad gospodarowania środowiskiem przyrodniczym. Powinny być one zróżnicowane w zależności od specyfiki różnego rodzaju obszarów ekologicznego zagrożenia. Jest to konieczne, gdyż obecny stan środowiska, a także prognozy jego zmian jasno pokazują, że obszary ekologicznego zagrożenia na wiele jeszcze lat będą naszą rzeczywistością i dlatego musimy nauczyć się na nich żyć.

LITERATURA

1. Aleksandrowicz J. — *Wiedza stwarza nadzieje*. Omega nr 278, Wiedza Powszechna. Warszawa, 1975.
2. Kassenberg A., Rolewicz C. — *Przestrzenna diagnoza stanu środowiska w Polsce*. Studia KPZK PAN, w druku.
3. *Obszary ekologicznego zagrożenia w Polsce*. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa 1984.
4. *Ochrona środowiska i gospodarka wodna*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, wrzesień 1984 r.
5. *Stress psychiczny w sytuacji kryzysu ekologicznego*. Opr. zb. pod red. A. Bieli. Towarzystwo Naukowe Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, Lublin, 1984.

STANOWISKO WYDZIAŁU VII — NAUK O ZIEMI I NAUK GÓRNICZYCH PAN W SPRAWIE NIEZBĘDNYCH DZIAŁAŃ NA RZECZ OCHRONY ŚRODOWISKA PRZYRODY

Z analiz, prognoz i raportów opracowanych w ostatnich latach przez instytucje naukowe, organizacje społeczne i organa administracji państwowej wynika jednoznacznie, że nadmierne wykorzystanie ograniczonych, a często nieodnawialnych zasobów przyrody doprowadziło do takiego stopnia zagrożenia naszego środowiska, który poważnie ogranicza możliwości rozwoju społeczno-gospodarczego Polski i zagraża zdrowiu ludności — zwłaszcza w południowej części kraju i w licznych aglomeracjach i okręgach przemysłowych.

Stan ten można lapidarnie scharakteryzować jako występowanie wielu barier gospodarki narodowej, z których najważniejsze to: bariera zanieczyszczenia i zatrucia powietrza przez pyły i gazy z produkcji przemysłowej i środków komunikacji; bariera braku wody, grożąca poważnym deficytem w wielu obszarach kraju; bariera skażenia gleby, będąca konsekwencją obu wyżej wymienionych barier; bariera zagrożenia lasów występująca już dziś na 1/3 powierzchni leśnej; bariera wyczerpywania surowców mineralnych wynikająca z nadmiernego i nieoszczędnego sposobu ich wydobywania oraz niskiego stopnia ich przetwarzania. Każda taka bariera, sama przez się, wystarczyłaby do zahamowania rozwoju wielu dziedzin gospodarki, zaś kumulowanie się ich w jednym czasie stanowi w sumie zagrożenie całości gospodarki narodowej i bytu społeczeństwa.

W tym świetle, przewyższanie wyliczonych barier rozwoju staje się obecnie bezwzględnym warunkiem uzdrowienia naszej gospodarki i umożliwienia dalszego rozwoju społeczno-gospodarczego. Z drugiej strony jednak obecny stan, gdy gospodarka nasza zaczyna się dopiero dźwigać z kryzysu pierwszych lat osiemdziesiątych, nakazuje realistycznie liczyć się z tym, że będzie to proces długotrwały. Konieczne więc staje się opracowanie nowej strategii rozwoju społeczno-gospodarczego obliczonej na kilka dziesiątków lat. Powinna to być strategia oparta na poszanowaniu zasobów naturalnych, od których zachowania i racjonalnego wykorzystania zależy nasza przyszłość.

Ta na długi okres czasu wytyczona strategia powinna być konsekwentnie realizowana w kolejnych okresach pięcioletnich — z uwzględnieniem realnych możliwości gospodarczych i technologicznych w każdym z nich.

Już w najbliższym okresie, tj. do 1990 roku, konieczne jest podjęcie następujących działań w sferze problematyki naukowej, gospodarczej i społecznej.

POSTULATY W STOSUNKU DO NAUKI

Na badania naukowe związane z ochroną środowiska naturalnego wyłożono w ostatnich latach wiele milionów złotych. Badania te dały wprowadzić obraz zagrożeń środowiska, na jaki pozwolił stan monitoringu, ale odznaczały się one jednocześnie znacznym rozdrobieniem problematyki i brakiem koordynacji. Były też nastawione na prognozowanie ostrzegawcze raczej, niż na konkretne sposoby zaradzenia złu. Dlatego, już na okres do 1990 roku należy postulować rozwiązanie następujących zadań:

1. Do końca 1985 roku należy dokonać przeglądu i oceny przeprowadzonych dotychczas badań naukowych i na tej podstawie opracować długofalowy ich program. W programie tym należy położyć nacisk na konkretne formułowanie zadań badawczych służących rozwiązaniu określonych całości problemowych, składających się w sumie na zasady kształtowania polityki ochrony środowiska. Program ten powinien być podzielony na etapy i rozpisany na wykonawców poszczególnych badań we wzajemnej ich koordynacji. Być może, wskazane by było powołanie w tym celu nowego problemu badawczego, powiązanego z działalnością Urzędu do spraw Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

2. Należy jednocześnie kontynuować i intensyfikować badania dotyczące metod i technologii oszczędzających środowisko naturalne, przede wszystkim tanich sposobów odsiarczania węgla i eliminowania SO_2 . Badania takie powinny być inicjowane i kierowane przez właściwe instytuty PAN oraz instytuty resortowe w bezpośredniej współpracy z ośrodkami badawczo-rozwojowymi różnych działów przemysłu.

3. Pilną sprawą jest opracowanie zasad i metod kompleksowego rachunku ekonomicznego, w którym zasoby naturalne byłyby traktowane jako składnik majątku narodowego. W rachunku takim nie można się ograniczyć do obliczenia „ile energetykę kosztuje” ochrona środowiska, lecz prowadzić należy bilans strat i zysków, w którym zwiększonym kosztom produkcji byłyby przeciwstawiane straty w zasobach naturalnych oraz koszty społeczne spowodowane skażeniem środowiska.

4. Wykorzystując dotychczasowe opracowania, należy stworzyć jednolity system monitoringu środowiska, obejmujący zarówno jego stan, jak i zmiany wynikające z procesów alokacji funkcji gospodarczych oraz z mechanizmów funkcjonowania gospodarki. W systemie tym dochodzenia prowadzone dotychczas w różnych służbach i resortach powinny być wzajemnie skoordynowane, co dawałoby pełniejszy zasób informacji i oszczędzało wielokrotnego dublowania wysiłku.

POSTULATY W STOSUNKU DO GOSPODARKI

Na uzdrowienie naszego środowiska naturalnego będą potrzebne ogromne nakłady inwestycyjne, które w kolejnych planach pięcioletnich powinny stopniowo wzrastać — proporcjonalnie do skali zadań programu ochrony

środowiska, opracowywanego w Urzędzie Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej i do wzrastającego potencjału naszej gospodarki. Ponieważ jednak w najbliższym okresie, a nawet w następnym okresie planu pięcioletniego, skala nakładów inwestycyjnych będzie z konieczności ograniczona, należy tym bardziej podjąć działań bezinwestycyjne, głównie prawno-organizacyjne, zapobiegające pogarszaniu się stanu środowiska. W szczególności postuluje się podjęcie następujących działań:

1. W obszarze GOP oraz w innych najbardziej zagrożonych regionach należy likwidować stare, zamortyzowane zakłady, zwłaszcza hutnicze, które pracują nieefektywnie i najbardziej zanieczyszczają środowisko. Postulat ten w stosunku do regionu Górnego Śląska jest zresztą tylko powtórzeniem zobowiązania Rady Ministrów z okresu podejmowania decyzji o budowie Huty Katowice.

2. W obszarze największego zagrożenia należy wprowadzić bezwzględny zakaz budowy, bądź rozbudowy zakładów przemysłowych zwiększających zanieczyszczenie środowiska. Zakaz tego rodzaju obowiązuje od wielu lat w najbardziej przeciążonych okręgach przemysłowych w Związku Radzieckim.

3. Należy na szeroką skalę wprowadzać w życie istniejące już ustawowe postanowienia dotyczące bodźców zachęcających przedsiębiorstwa do wprowadzania technologii chroniących środowisko. Dotyczy to zwłaszcza zmniejszenia podatków w przypadku podejmowania przez dane przedsiębiorstwo działań na rzecz ochrony środowiska. Należy też wprowadzić do praktyki nowe rodzaje bodźców z powszechnie stosowanych w innych krajach RWPG.

4. Pilną sprawą jest przeciwdziałanie tendencji do zamykania produkcji zakładów wytwarzających elektrofiltry i inne urządzenia niezbędne dla ochrony środowiska. Należy potencjał takich zakładów rozszerzać oraz zapewnić popyt na produkowane urządzenia.

5. Należy zwrócić uwagę, że nawet przy szerokim stosowaniu bodźców ekonomicznych suma działań wszystkich przedsiębiorstw na rzecz ochrony środowiska nie złoży się na racjonalną całość. Dlatego trzeba wyraźnie zwiększać rolę organów centralnych w ukierunkowaniu działań ochronnych dotyczących środowiska. Szczególnie istotna w tym zakresie powinna być rola planu przestrzennego zagospodarowania kraju.

6. Dla wszystkich silnie zagrożonych obszarów kraju należy opracować programy uzdrowienia środowiska — analogiczne do programu opracowanego ostatnio w województwie katowickim. W przyszłości program taki powinno mieć każde województwo, a resorty gospodarcze powinny być zobowiązane do analizy poprawy dotychczas stosowanych technologii oraz do wprowadzenia stopniowo zamkniętych cyklów produkcyjnych i technologii mało- i bezodpadowych.

7. Konieczna jest unifikacja wielu różnych systemów informacyjnych funkcjonujących niezależnie od siebie. Kompleksowo pomyślany system informacji dotyczących przekształceń środowiska, z chwilą opracowania jego podstaw teoretycznych — powinien być wprowadzony w całym kraju. Banki informacji, stale aktualizowanej, powinny służyć władzom odpowiedzialnym za ochronę środowiska, jednostkom gospodarczym, planowaniu przestrzen-

nemu, resortowi zdrowia, rolnictwa i lasów i innym resortom, a także poszczególnym zakładom przemysłowym.

POSTULATY O CHARAKTERZE SPOŁECZNYM

Stan zagrożenia naszego środowiska naturalnego jest nie tylko wynikiem błędnych decyzji gospodarczych i złej woli przedsiębiorstw — ale również w niemałej skali jest skutkiem braku poszanowania dobra społecznego, zwyczajnego niedbalstwa i niskiej dyscypliny pracy, bardzo niestety rozpowszechnionych w naszym społeczeństwie. Społeczności lokalne i regionalne coraz bardziej świadome są zagrożeń i wyczulone na niebezpieczeństwa, jakie nieść może, np. lokalizacja uciążliwego zakładu przemysłowego. Rzecz charakterystyczna jednak, że wyczulenie to nie idzie w parze ze świadomością, że to my wszyscy codziennie na swoich stanowiskach pracy w znacznym stopniu przyczyniamy się do pogarszania stanu środowiska. Dlatego konieczną i pilną sprawą staje się uświadomienie całemu społeczeństwu, i każdemu obywatelowi, jego własnej odpowiedzialności za stan środowiska. Postuluje się więc następujące działania:

1. Zasadniczej rewizji programów i metod nauczania wymaga problematyka środowiska naturalnego, i to na wszystkich szczeblach nauczania — od szkoły podstawowej do wyższych uczelni, zwłaszcza ekonomicznych i technicznych.

2. W działalności na rzecz ochrony środowiska należy wykorzystać instytucję czynów społecznych. W tym celu jednak akcje te powinny być świadomie ukierunkowane na osiągnięcie założonych celów.

3. Środki masowego przekazu powinny być nastawione w większym niż obecnie stopniu na edukację społeczną w dziedzinie ochrony środowiska. Nie powinny to być fragmentaryczne audycje czy artykuły, ale działalność ciągła, podporządkowana przemyślanemu programowi.

4. Niezbędne jest stworzenie moralnego klimatu w społeczeństwie, a nawet presji społecznej, w kierunku poszanowania przyrody i jej zasobów, od których stanu bezpośrednio zależy jakość naszego życia.

Bolesław Malisz
Zastępca Sekretarza
Wydziału VII PAN

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	3
<i>Stefan Kozłowski</i> — Kierunki zmian w środowisku przyrodniczym	5
<i>Stefan Białobok</i> — Zjawisko kwaśnych deszczów	43
<i>Zygmunt Patalas</i> — Zagrożenie lasów	65
<i>Dorota Cydzik, Hanna Soszka</i> — Zanieczyszczenie jezior	75
<i>Ludwik Żmudziński</i> — Zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego	79
<i>Zenobiusz Płochniewski</i> — Zagrożenie i zanieczyszczenie wód podziemnych	95
<i>Alina Kabata-Pendias</i> — Chemiczne zanieczyszczenie gleb	109
<i>Ewa Marchwińska, Rafał Kucharski</i> — Ograniczenia progowe gospodarki rolnej i ogrodniczej na terenach uprzemysłowionych	125
<i>Andrzej Wrona, Zdzisław Harabin</i> — Problemy ochrony powierzchni ziemi	133
<i>Andrzej Kassenberg</i> — Obszary ekologicznego zagrożenia — nowa kategoria planistyczna	153
Stanowisko Wydziału VII — Nauk o Ziemi i Nauk Górniczych PAN w sprawie niezbędnych działań na rzecz ochrony środowiska przyrody	161

CONTENTS

Editorial	3
<i>Stefan Kozłowski</i> — Trends of environmental changes	5
<i>Stefan Białobok</i> — Phenomenon of acid rains	43
<i>Zygmunt Patalas</i> — Danger for forests	65
<i>Dorota Cydzik, Hanna Soszka</i> — Pollution of lakes	75
<i>Ludwik Żmudziński</i> — Pollution of Baltic Sea	79
<i>Zenobiusz Plochniewski</i> — Danger of pollution of subsurface waters	95
<i>Alina Kabata-Pendias</i> — Chemical pollution of soils	109
<i>Ewa Marchwińska, Rafał Kucharski</i> — Threshold limitations on agriculture and gardening in industrial districts	125
<i>Andrzej Wrona, Zdzisław Harabin</i> — Problems connected with protection of the Earth's surface	133
<i>Andrzej Kassenberg</i> — Areas of ecological danger: new term in planning activities	153
The view taken by the Department of Earth and Mining Sciences of the Polish Academy of Sciences, in the matter of action indispensable for protection of natural environment (by <i>Bolesław Malisz</i>)	161

СОДЕРЖАНИЕ

От редакторов	3
<i>Стефан Козловски</i> — Направления изменений в природной среде	5
<i>Стефан Бялобок</i> — Явление кислых дождей	43
<i>Зыгмунт Паталяс</i> — Угроза лесам	65
<i>Дорота Цыдзык, Ганна Сошка</i> — Загрязнение озер	75
<i>Людвик Жмудзиньски</i> — Загрязнение Балтийского Моря	79
<i>Зенобиуш Плохневски</i> — Угроза и загрязнение подземных вод	95
<i>Алина Кабата-Пендиас</i> — Химическое загрязнение почвы	109
<i>Эва Мавхвицка, Рафал Кухарски</i> — Пороги ограничивающие сельское хозяйство и огородничество в промышленных районах	125
<i>Анджей Врона, Здзислав Харабин</i> — Проблемы охраны земной поверхности	133
<i>Анджей Кассенберг</i> — Районы под экологической угрозой — новая категория при планировании	153
Мнение VII Отдела — Наук о Земле и Горных Наук ПАН по вопросу необходи- мых мероприятий в пользу охраны природной среды (<i>Болеслав Малиш</i>)	161

SPIS TREŚCI ROCZNIKA 1986

(Nr zeszytu, strona)

ARTYKUŁY

<i>Adamska Maria, Gondko Roman</i> — Białka oddechowe bezkręgowców	3	417
<i>Białobok Stefan</i> — Zjawisko kwaśnych deszczów	1	43
<i>Cydzik Dorota, Soszka Hanna</i> — Zanieczyszczenie jezior	1	75
<i>Dobrzańska Janina, Dobrzański Jan</i> — Społeczeństwo mrówcze a rozwój indywidualności robotnic	4	577
<i>Doroszewski Marek</i> — Badania nad fragmentami orzęsków	2	275
<i>Dulak Józef, Plytycz Barbara</i> — Nowotwory: Aspekt filogenetyczny	3	403
<i>Dyrz Andrzej</i> — Łęgi zespołowe, odwzajemnianie i altruizm u ptaków	3	425
<i>Dyrzowa Alina</i> — Powracający dylemat — dziedziczenie cech nabytych	3	377
<i>Gonet Bolesław</i> — Tomografia NMR a biomagnetyzm	3	433
<i>Grodziński Władysław, Kaczmarek Zdzisław</i> — O ekologii, ochronie środowiska przyrodniczego i zasobach naturalnych	3	355
<i>Guttowa Alicja</i> — Mechanizmy kształtowania układów pasożyt-żywicieli	4	549
<i>Kabata-Pendias Alina</i> — Chemiczne zanieczyszczenie gleb	1	109
<i>Kassenberg Andrzej</i> — Obszary ekologicznego zagrożenia — nowa kategoria planistyczna	1	153
<i>Karczmarczyk Roman</i> — Cis pospolity (<i>Taxus baccata</i> L.), jego historia, teraźniejszość i przyszłość	2	285
<i>Kowska Danuta M.</i> — Neuronalne substraty pamięci — nowe koncepcje (Artykuł przeglądowy)	4	529
<i>Kozłowski Stefan</i> — Kierunki zmian w środowisku przyrodniczym	1	5
<i>Kuźnicki Leszek</i> — W poszukiwaniu dróg skutecznego działania — głos w dyskusji nad przyszłością nauki w Polsce	3	361
<i>Malisz Bolesław</i> (Zastępca Sekretarza Wydziału VII PAN) — Stanowisko Wydziału VII — Nauk o Ziemi i Nauk Górniczych PAN w sprawie niezbędnych działań na rzecz ochrony środowiska przyrody	1	161
<i>Marchwińska Ewa, Kucharski Rafał</i> — Ograniczenia progowe gospodarki rolnej i ogrodniczej na terenach uprzemysłowionych	1	125
<i>Michajłow Włodzimierz</i> — Bezpieczeństwo ekologiczne świata, a utrzymanie pokoju	3	365
<i>Olaček Romuald</i> — Plan działania UNESCO w sprawie rezerwatów biosfery	4	481
<i>Patalas Zygmunt</i> — Zagrożenie lasów	1	65
<i>Płochniewski Zenobiusz</i> — Zagrożenie i zanieczyszczenie wód podziemnych	1	95
<i>Popiolek Joanna</i> — Katastrofizm a idea stałości przyrody w myśli geologicznej XVII wieku	4	499
<i>Romaniuk Jarosław Ryszard</i> — Charakterystyka regulacji wzorca oddechowego	2	233
<i>Rysińska Jolanta, Kolątaj Adam</i> — Niektóre fizjologiczne mechanizmy reakcji stresowej u zwierząt	2	259

<i>Soltys Zbigniew</i> — Materia organiczna we Wszechświecie a powstanie życia na Ziemi	2	175
<i>Soltys Zbigniew</i> — Synteza i ewolucja makromolekuł w symulowanych warunkach prebiotycznych	3	387
<i>Stawiński Wiesław</i> — Wartości dydaktyczne podręcznika Krzysztofa Kluka „Botanika dla szkół narodowych”	3	439
Szabuniewicz Bożydar — Asocjacyjne ujęcie przyrody	2	191
<i>Szarski Henryk</i> — Czy potrzebne jest nowe spojrzenie na ewolucję?	3	371
<i>Urbanek Adam</i> — Wypowiedź na III Kongresie Nauki Polskiej	3	351
<i>Wrona Andrzej, Harabin Zdzisław</i> — Problemy ochrony powierzchni ziemi	1	133
<i>Wroński Stanisław</i> — Determinizm ewolucji molekularnej	2	207
<i>Zabłocki Bernard</i> — Udział czynników stymulujących odpowiedź immunologiczną, będących produktami samych komórek układu immunologicznego	4	507
<i>Żernicki Bogusław</i> — Giuseppe Moruzzi — mój Nauczyciel	2	171
<i>Żernicki Bogusław</i> — Preparat z przeciętym pniem mózgu	2	221
<i>Żmudziński Ludwik</i> — Zanieczyszczenie Morza Bałtyckiego	1	79
<i>Żurek Roman</i> — Polimorfizm wrotka <i>Asplanchna sieboldi</i>	4	559

DYSKUSJA I KRYTYKA

<i>Dyrzowa Alina</i> — Darwinizm zagrożony? Dyskusja na marginesie książki A. Hoffmana „Wokół ewolucji”	2	293
<i>Kłoskowski Kazimierz, Kucharczyk Krzysztof</i> — Refleksje na temat „nowych pojęć struktury chemicznej i biologicznej”	4	591
<i>Serafiński Włodzimierz</i> — O celowości w przyrodzie	4	599

RECENZJE

<i>Bańbura Jerzy</i> — R. B. Payne: Sexual selection, lek and arena behavior and sexual size dimorphism in birds	2	308
<i>Białobok Stefan</i> — P. Schütt, W. Koch, H. Blaschke, K. J. Lang, H. J. Schuck, H. Summerer: So stirbt der Wald	2	301
<i>Bujalska Gabriela</i> — H. Remmert: Ekologia	3	455
<i>Chyb Sylwester</i> — Henderson's Dictionary of Biological Terms	4	609
<i>Dulak Józef</i> — Brian F. C. Clark: The genetic code and protein biosynthesis	3	458
<i>Dulak Józef</i> — The Cambridge Encyclopedia of Life Science	3	461
<i>Dulak Józef</i> — N. Mrosovsky: Conserving sea turtles	2	309
<i>Dulak Józef</i> — J. Roger Warr: Genetic engineering in higher organisms	3	459
<i>Dzwonko Zbigniew</i> — E. H. Rapoport: Areography. Geographical strategies of species	2	306
<i>Karczmarszuk Roman</i> — I. F. Zajanczkowski: Pamiatniki żywotnym	2	313
<i>Kornaś Jan</i> — A. Slack: Karnivoren. Biologie und Kultur der insektenfangenden Pflanzen	4	605
<i>Konopska-Waliszkiewicz Ligia</i> — A. M. Sobolev: Zapasanie belka v semenach rastenij	2	312
<i>Mirek Zbigniew</i> — P. W. Jackson, M. S. Skeffington: The flora of Inner Dublin	2	311

<i>Ochyra Ryszard</i> — J. P. Frahm: Afrykańskie <i>Campylopus</i> -Arten (<i>Dicranaceae, Musci</i>)	4	611
<i>Ochyra Ryszard</i> — G. Kis: Mosses of south-east tropical Africa	4	610
<i>Ochyra Ryszard</i> — D. H. Vitt, S. R. Gradstein, Z. Iwatsuki: Compendium of bryology	4	612
<i>Ochyra Ryszard</i> — J. N. Vohra: <i>Hypnobryales</i> suborder <i>Leskeineae (Musci)</i> of the Himalayas	2	305
<i>Ochyra Ryszard</i> — K. Walther: A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien mit besonderer Berücksichtigung der Nutzpflanzen nebst einer Uebersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde. Kapitel V.2. <i>Bryophytina</i>	2	304
<i>Płytycz Barbara</i> — R. van Furth (red.): Mononuclear phagocytes. Characteristics, physiology, and function	3	462
<i>Stankiewicz Mirosław</i> — M. Katz, D. D. Despommier, R. Gwóź: Parasitic diseases	2	303
<i>Strzałko Jan</i> — W. Łariczew: W poszukiwaniu przodków człowieka	4	605
<i>Wolański Napoleon</i> — Nowoczesny podręcznik antropologii (<i>Antropologia</i> , pod red. Andrzeja Malinowskiego i Jana Strzałki)	3	453
<i>Żyłka Antoni</i> — Krasnaja Kniga SSSR. T. 1	3	457

Z PRAC INSTYTUTÓW I PLACÓWEK NAUKOWYCH

<i>Rakusa-Suszczewski Stanisław, Lipski Maciej</i> — Rejs r/v „Profesor Siedlecki” w programie badań międzynarodowych BIOMASS-SIBEX 1983-1984	2	317
---	---	-----

ZEBRANIA, ZJAZDY I KONFERENCJE NAUKOWE

<i>Arczyńska-Chudy Ewa, Cierniak Tomasz</i> — W trosce o jakość wody. XIV Poznańskie Dni Techniki — POZTECH '85	2	341
<i>Kasicki Stefan</i> — Sympozjum nt. „Systemy kontroli segmentalnej ruchów dowolnych u zwierząt i ludzi”, Göteborg	3	467
<i>Kasprzak Krzysztof</i> — Międzynarodowe sympozjum poświęcone biologii wodnych skąposzczetów (<i>Oligochaeta</i>), Hamburg	3	469
<i>Kasprzak Krzysztof</i> — Międzynarodowe sympozjum nt. biologii, ekologii i gospodarczego wykorzystania dżdżownic	2	333
<i>Kowalski Kazimierz</i> — Czwarty Międzynarodowy Kongres Teriologiczny w Edmonton	2	330
<i>Kuźnicki Leszek, Dryl Stanisław, Golińska Krystyna, Grębecki Andrzej, Widy-Wirski Rosław</i> — VII Międzynarodowy Kongres Protozoologiczny w Nairobi	2	321
<i>Romaniuk Jarosław R.</i> — X Konferencja Nobłowska nt. „Neurobiologia regulacji oddychania”, Sztokholm	2	335
<i>Śnieżko Renata</i> — VIII Międzynarodowe Sympozjum nt. „Rozmnażanie płciowe roślin nasiennych, paproci i mchów”, Wageningen	2	337
<i>Trojan Przemysław</i> — VI Konferencja Komitetów Narodowych „Człowiek i biosfera” krajów socjalistycznych, Brno	3	465
<i>Wasylkowa Krystyna</i> — VII Sympozjum Paleobotaniczne, Cambridge	4	613

INDEX AUTORÓW

(numer zeszytu, *strona*)

Adamska Maria, 3, 417
Arczyńska-Chudy Ewa, 2, 341

Bańbura Jerzy, 2, 308
Białobok Stefan, 1, 43; 2, 301
Bujalska Gabriela, 3, 455

Chyb Sylwester, 4, 609
Cierzniaś Tomasz, 2, 341
Cydzik Dorota, 1, 75

Dobrzańska Janina, 4, 577
Dobrzański Jan, 4, 577

Doroszewski Marek, 2, 275

Dryl Stanisław, 2, 321
Dulak Józef, 2, 309; 3, 403, 458, 459, 461
Dyrz Andrzej, 3, 425
Dyrzowa Alina, 2, 293; 3, 377
Dzwonko Zbigniew, 2, 306

Gondko Roman, 3, 417
Gonet Bolesław, 3, 433
Golińska Krystyna, 2, 321
Grębecki Andrzej, 2, 321
Grodziński Władysław, 3, 355
Guttowa Alicja, 4, 549

Harabin Zdzisław, 1, 133

Kabata-Pendias Alina, 1, 109
Kaczmarek Zdzisław, 3, 355
Karczmareczuk Roman, 2, 285, 313
Kasiński Stefan, 3, 467
Kasprzak Krzysztof, 2, 333; 3, 469
Kassenberg Andrzej, 1, 153
Kłoskowski Kazimierz, 4, 591
Kołataj Adam, 2, 259
Konopska-Waliszkiewicz Ligia, 2, 312
Kornaś Jan, 4, 605
Kowalska Danuta M., 4, 529
Kowalski Kazimierz, 2, 330
Kozłowski Stefan, 1, 5
Kucharczyk Krzysztof, 4, 591
Kucharski Rafał, 1, 125
Kuznicki Leszek, 2, 321; 3, 361

Lipski Maciej, 2, 317

Malisz Bolesław, 1, 161
Marchwińska Ewa, 1, 125
Michajłow Włodzimierz, 3, 365
Mirek Zbigniew, 2, 311

Ochyra Ryszard, 2, 304, 305; 4, 610-612
Olaczek Romuald, 4, 481

Patalas Zygmunt, 1, 65
Płochniewski Zenobiusz, 1, 95
Płytycz Barbara, 3, 403, 462
Popiołek Joanna, 4, 499

Rakusa-Suszczeński Stanisław, 2, 317
Romaniuk Jarosław R., 2, 233, 335
Rysińska Jolanta, 2, 259

Serafiński Włodzimierz, 4, 599
Sołtys Zbigniew, 2, 175; 3, 387
Soszka Hanna, 1, 75
Stankiewicz Mirosław, 2, 303
Stawiński Wiesław, 3, 439
Strzałko Jan, 4, 605

Szabuniewicz Bożydar, 2, 191

Szarski Henryk, 3, 371

Śnieżko Renata, 2, 337

Trojan Przemysław, 3, 465

Urbanek Adam, 3, 351

Wasylikowa Krystyna, 4, 613
Widy-Wirski Ryszard, 2, 321
Wolański Napoleon, 3, 453
Wrona Andrzej, 1, 133
Wroński Stanisław, 2, 207

Zabłocki Bernard, 4, 507

Żernicki Bogusław, 2, 171, 221
Żmudziński Ludwik, 1, 79
Żurek Roman, 4, 559
Żyłka Antoni, 3, 457

w sposób umożliwiający bezbłędne wykonanie czystorysów do reprodukcji. Odbitki fotograficzne winny być wykonane w formacie nie mniejszym niż późniejsze reprodukcje w tekście, na białym papierze błyszczącym o odpowiednim kontraście. Map i planów nie należy przeładowywać zbyt obszerną treścią i szczegółowymi oznaczeniami, gdyż może to spowodować nieczytelność reprodukcji.

8. Wszystkie jednostki ilustracyjne winny być ponumerowane ze wskazaniem, w razie potrzeby, góry rysunku. Podpisy powinny być podane na oddzielnej stronie maszynopisu.

9. Literaturę należy podać na końcu maszynopisu w kolejności omawianych w tekście prac. Odnosniki bibliograficzne, w wypadku czasopism, winny zawierać dane w następującej kolejności: liczba porządkowa, nazwisko i pierwsza litera imienia autora, tytuł pracy w pełnym brzmieniu, przyjęty skrót tytułu czasopisma, tom, strony (od-do) i rok. Przy wydawnictwach książkowych należy podawać: liczbę porządkową, nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł książki, przy pracach wielotomowych: nr tomu, przy wydawnictwach seryjnych: nazwę serii, a dalej: nazwę wydawnictwa (w skrócie), miejsce i rok wydania.

Powołanie się w tekście na odnośną pozycję literatury następuje przez podanie liczby porządkowej w nawiasie kwadratowym. Przy cytowaniu prac o podstawowym znaczeniu dla omawianego zagadnienia wskazane jest poza tym przytoczenie w tekście również nazwiska autora (autor i współpr.).

W ten sposób przygotowany materiał autorski pozwoli uniknąć błędnego składu lub reprodukcji i wpłynie niewątpliwie na skrócenie cyklu wydawniczego.

**Tylko prenumerata zapewnia
regularne otrzymywanie
kwartalnika**

K O S M O S A

Prenumerata krajowa

Warunki prenumeraty:

Cena prenumeraty: półr. 280 rocznie 560

Prenumeratę na kraj przyjmują i informacji udzielają urzędy pocztowe i doręczyciele na wsi oraz Oddziały RSW „Prasa-Książka-Ruch” w miastach.

Prenumeratę ze zleceniem wysyłki za granicę przyjmuje RSW „Prasa-Książka-Ruch”, Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw, ul. Towarowa 28, 00-958 Warszawa, konto NBP XV Oddział w Warszawie Nr 1153-201045-139-11. Wysyłka za granicę pocztą zwykłą jest droższa od prenumeraty krajowej o 50% dla zleceniodawców indywidualnych i o 100% dla zlecających instytucji i zakładów pracy.

Prenumerata zagraniczna

Terminy przyjmowania prenumerat na kraj i za granicę:

- do dnia 10 listopada na I półrocze roku następnego i na cały rok następny,
- do dnia 1 czerwca na II półrocze roku bieżącego.

Bieżące i archiwalne numery można nabyć lub zamówić we Wzorcowni Ośrodka Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN, Pałac Kultury i Nauki, 00-901 Warszawa. Subscription orders for all the magazines published in Poland available through the local press distributors or directly

through the
Foreign Trade Enterprise
ARS POLONA

00-068 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 7, Poland

Our bankers:

BANK HANDLOWY WARSZAWA S.A.

Indeks 36260

Kosmos 1, 1-167, Warszawa 1986